

(19)



**Евразийское
патентное
ведомство**

(11) **044251**(13) **B1**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ

(45) Дата публикации и выдачи патента
2023.08.04

(21) Номер заявки
202090631

(22) Дата подачи заявки
2018.09.10

(51) Int. Cl. *A01G 7/00* (2006.01)
A23K 10/30 (2016.01)
B01D 53/62 (2006.01)
B01D 53/84 (2006.01)
C05F 3/00 (2006.01)
C10G 3/00 (2006.01)
A01H 6/20 (2018.01)

**(54) СПОСОБЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО ПРОИЗВОДСТВА МАСЛИЧНЫХ
КУЛЬТУР BRASSICA CARINATA**

(31) 62/556,575

(32) 2017.09.11

(33) US

(43) 2020.07.10

(86) PCT/CA2018/051111

(87) WO 2019/046968 2019.03.14

(71)(73) Заявитель и патентовладелец:
**НЬЮСИД ГЛОУБЛ ИННОВЕЙШН
ЛТД. (GB)**

(72) Изобретатель:
**Фабьянски Стивен, Линденбаум
Майкл, Бенали Мейда (CA)**

(74) Представитель:
Нилова М.И. (RU)

(56) Johnson, E.N. et al. (2013). Effects of nitrogen fertilizer application on seed yield, N uptake, N use efficiency, and seed quality of *Brassica carinata*. Canadian Journal of Plant Science 93(6): 1073-1081.
Pan, X. et al. (2012). The effect of cultivar, seeding rate and applied nitrogen on *Brassica carinata* seed yield and quality in contrasting environments. Canadian Journal of Plant Science 92(5): 961-971.

(57) Настоящее изобретение относится к сельскохозяйственной практике для максимизации фиксации углерода, повышения производительности, устойчивого земледелия и минимизации выбросов парниковых газов. В одном варианте осуществления предложен способ, включающий: посев сорта *Brassica carinata* в качестве второй культуры в севообороте с первой культурой или для замены парования; внедрение методов управления земельными ресурсами для сокращения использования ископаемых видов топлива и максимального улавливания атмосферного углерода растительным материалом *Brassica carinata*; сбор урожая сорта *Brassica carinata* для получения зерна; и возврат от 70 до 90% всего растительного материала из сорта *Brassica carinata*, помимо зерна, в почву. В результате общие выбросы парниковых газов, связанные с сельским хозяйством, сокращаются. В некоторых вариантах осуществления способ дополнительно включает получение зерна для использования в производстве растительного сырья для приготовления топлива с низкой углеродоемкостью; для добавления углерода в почву; и/или получение углеродного кредита.

B1**044251****044251****B1**

Перекрестные ссылки на родственные заявки

По настоящей заявке испрашивается приоритет для предварительной заявки на патент США № 62/556,575, поданной 11 сентября 2017, содержание которой включено посредством ссылки во всей полноте.

Область техники, к которой относится изобретение

Изобретение относится к области сельского хозяйства и раскрывает новый способ, включающий выращивание масличной культуры *Brassica carinata* в качестве замены пара или существующих покровных культур, используемых в севооборотах, с использованием новых методик ведения сельского хозяйства, которые сохраняют преимущества почвы от традиционных покровных культур или парового севооборота, но позволяют собирать зерно, богатое маслом, которое обеспечивает сырье для производства биотоплива с низкой углеродоемкостью, одновременно позволяя достичь большего сокращения выбросов парниковых газов (ПГ) в течение жизненного цикла, а также фиксации углерода в почве.

Предшествующий уровень техники

Чрезмерная зависимость от ископаемого топлива для транспорта, производства энергии, отопления домов, промышленного энергоснабжения и т.д. привела к постоянно возрастающей скорости выбросов и накопления CO₂ и ПГ в атмосфере. Это привело к угрозе глобального потепления и его нежелательным последствиям. Одной из стратегий снижения скорости увеличения выбросов CO₂ и других парниковых газов в атмосфере является снижение зависимости от ископаемых видов топлива путем замены их более экологичными видами топлива, такими как те, что получены из растительных масел и биомассы, которые являются менее углеродоемкими в течение всего жизненного цикла.

Чтобы контролировать выбросы парниковых газов, правительства приняли правила, направленные на сокращение темпов роста выбросов углерода до согласованных целевых уровней в пределах их юрисдикций. Для обеспечения возможности выполнения этих правил были разработаны механизмы и методологии для точного аудита выбросов парниковых газов в течение жизненного цикла, производимых для конкретных видов топлива "от скважины к резервуару". Одновременно также принимаются меры, чтобы побудить производителей выбросов выполнять эти задачи (налоги за выбросы углерода, ограничения и торговые системы). Конечным результатом этих мер стало создание системы выплат за выбросы углекислого газа в атмосферу, которую должны взять на себя те, которые вырабатывают углекислый газ.

Эта политика особенно направлена на такие отрасли, как те, которые производят топливо и источники энергии и полагаются на него. Таким образом, производители топлива и, соответственно, производители биотоплива получают большие стимулы для определения сырья, топлива и производственных процессов, чтобы соблюдать поставленные цели и минимизировать влияние выплат за выбросы углекислого газа на их итоговые показатели.

Необходимость сокращения выбросов углерода и сильные стимулы для промышленности с целью достижения сокращения выбросов углерода в своих секторах были важными факторами, ведущими к разработке новых путей с низкой интенсивностью выбросов углекислого газа. Однако ценообразование на топливо следующего поколения по сравнению с обычными видами топлива послужило препятствием для их более широкого применения. С появлением выплат за выбросы углекислого газа некоторые из этих сдерживающих факторов были устранены, и из этого следует, что увеличение разницы в углеродоемкости биотоплива по сравнению с обычным топливом может быть одним из факторов, который может оказать существенное влияние на разницу цен.

Углеродоемкость (CI) определяется как "мера выбросов парниковых газов (ПГ) топлива, определяемая с помощью оценки жизненного цикла (LCA). LCA идентифицирует и оценивает все выбросы ПГ при производстве топлива; от выращивания или добычи сырья до производства топлива, вплоть до конечного использования топлива. Углеродоемкость определяется как масса выбрасываемых парниковых газов в эквиваленте диоксида углерода на единицу энергии, содержащейся в топливе, в единицах грамм эквивалента диоксида углерода на мегаджоуль энергии (г CO₂-экв./МДж)" ("Нормативные требования для определения углеродоемкости возобновляемых источников энергии и низкоуглеродного топлива" (Информационный бюллетень RLCF-006)", раздел 2, стр.3, озаглавленный "Что такое углеродоемкость?", опубликованный Министерством энергетики и горнодобывающей промышленности правительства Британской Колумбии. Издан в декабре 2010 года, пересмотрен в июле 2013 года). В 2017 году базовые значения CI, сообщенные для ископаемого топлива в соответствии с Директивой ЕС по возобновляемой энергии (EU-RED) и для биодизеля в соответствии со стандартом США по возобновляемому топливу (US RFS), составили соответственно 83,8 (EU-RED) г произведенной энергии CO₂-экв./МДж и 91,8 г произведенной энергии CO₂-экв./МДж (US RFS), как указано в табл. 3 из DeJong et al., 2017. Специалистам в данной области техники известно, что значения CI как для ископаемого топлива, так и для биотоплива могут изменяться по мере развития моделей LCA и методов производства. Текущее значение CI для различных путей биотоплива можно найти по адресу

(<https://www.arb.ca.gov/fuels/lcfs/fuelpathways/current-pathways-01102017.xlsx>).

Сельскохозяйственное производство обеспечивает соответствующую методологию для получения биотоплива следующего поколения. Современное сельское хозяйство производит продукты питания, корма и волокна в огромных масштабах и может быть мобилизовано для обеспечения сырья для производства топлива без необходимости разработки новых технологий производства или инфраструктуры.

Одной из привлекательных особенностей сельскохозяйственного производства является использование способности растений утилизировать и фиксировать атмосферный углекислый газ посредством фотосинтеза и, таким образом, выступать в качестве важного поглотителя углерода. Углерод, накопленный в биомассе однолетнего урожая, в конечном итоге будет повторно мобилизован, часть из него - в виде собранного материала, а остальная часть - в виде растительных остатков (листья, стебли, стволы, корни), которые подвергаются деградации почвенными бактериями и грибами. Некоторая часть ассимилированного в почве углерода используется почвенными микробами в качестве источника энергии и в конечном итоге превращается в газообразный углекислый газ, однако некоторая часть также будет стабильно удерживаться в почве, которая является важным поглотителем для фиксации углерода и сокращения выбросов в атмосферу. Из всех накоплений углерода в окружающей среде почва уступает по размеру только океанам и имеет предполагаемое содержание органического углерода более 2,3 ГТ (Jobbagy and Jackson, 2000), что в 4 раза превышает количество углерода, накопленного в общей растительной биомассе. Дополнительным преимуществом восстановления углерода в почвах является последующее улучшение плодородия и структуры почв.

Однако, в то время как однолетние культуры фиксируют углекислый газ в течение их срока жизни, а также возвращают значительную часть накопленного углекислого газа в почву для более долгосрочной фиксации, их культивирование может также прямо и косвенно приводить к выбросам CO_2 и парниковых газов, эквивалентных CO_2 . Эти выбросы происходят во время выращивания культуры, последующего преобразования урожая в сырье, превращения сырья в жидкое топливо, хранения и транспортировки сырья и готового топлива и, наконец, распределения и использования топлива. Выбросы парниковых газов, связанные с повышением урожая, включают стадии развития семян, подготовки полей, производства и применения исходных культур (удобрения, пестициды/гербициды/обработка семян), посева культур, поддержания культур и сбора урожая, хранения собранного материала, и хранения и транспортировки на перерабатывающий завод.

Для учета потока углекислого газа и других парниковых газов в течение всего жизненного цикла выращивания, сбора и преобразования энергетической культуры в биотопливо используют такие методологии аудита, как модель "Парниковые газы, регулируемые выбросы и использование энергии на транспорте (GREET)" (Wang 1996), GHGenius (S&T Squared. GHGenius, Версия модели 4.03; www.ghgenius.ca; S&T Squared Consultants Inc. for Natural Resources Canada: Delta, British Columbia, 2017), на основе ранее разработанной модели (DeLucchi 1991), BioGrace (www.biograce.net; Neeft et al., 2012) и другие. Это позволяет проводить более достоверные сравнения общего воздействия ПГ от производства и использования биотоплива с воздействием от ископаемого топлива, а также позволяет проводить сравнение между биотопливом, произведенным из различных видов энергетических культур. Способность точно моделировать и прогнозировать выбросы ПГ в течение всего жизненного цикла производства биотоплива позволила определить значение выработки углекислого газа. В результате установления тарифов за выбросы углекислого газа были заключены национальные и международные соглашения, направленные на сокращение выбросов углекислого газа/ПГ до специфицированных целевых показателей. Примерами такой политики являются Директива по возобновляемой энергии (RED) в ЕС, а также Стандарт по возобновляемому топливу (RFS) и Калифорнийский стандарт по низкоуглеродному топливу (CA-LCFS) в США.

Табл. 1 сравнивает опубликованные значения углеродоемкости (CI) для выбранных путей биотоплива и сравнивает их со значениями для обычного бензина и/или дизельного топлива. Как можно видеть, пути биодизеля МЭЖК (метилового эфира жирной кислоты) имеют значения CI в диапазоне от 67,32 до 51,35 г CO_2 -экв./МДж по сравнению с CI 102,4 г CO_2 -экв./МДж для обычного дизельного топлива, демонстрируя значительное снижение CI, обеспечиваемое путями МЭЖК биодизеля по сравнению с их нефтяными эквивалентами. Кроме того, при CI, равной 44 г CO_2 -экв./МДж, возобновляемое или зеленое дизельное топливо, полученное путем гидроочистки рапсового масла, обеспечивает дополнительное снижение общей углеродоемкости по сравнению с процессом для МЭЖК.

Таблица 1

Углеродоемкость отдельных путей биотоплива

Сырье	Путь топлива	Углеродоемкость (г CO _{2 экв.} /МДж)	Источник данных	Используемая модель
Нефть	Бензин	93,3	DeJong, et al., 2017	GREET
Нефть	Дизель	91,8		
Канола/Рапсовое масло	Биодизель (МЭЖК)	67,32	CA ARB*	
Канола/Рапсовое масло	Биодизель (МЭЖК)	51,35		
Канола/Рапсовое масло	Биодизель (МЭЖК)	52		BIOGRACE
Канола/Рапсовое масло	ГРМ***	44		BIOGRACE

*<https://www.arb.ca.gov/fuels/lcfs/fuelpathways/current-pathways-01102017.xlsx>

**<http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX%3A32009L0028>

***Гидрированное растительное масло

В исследовании, сфокусированном исключительно на выбросах парниковых газов при культивировании канолы в канадских прериях в период с 1986 по 2006, авторы (Shrestha, et al., 2014) продемонстрировали, что выбросы ПГ сократились на единицу площади на 40% и на основе сухого вещества на 65% в этот промежуток времени. Снижение произошло из-за комбинации факторов, включая сокращение изменений землепользования, увеличение урожайности зерновых и усиление фиксации органического углерода в почве за счет улучшения управления земельными ресурсами. В 2006 году фиксация углерода в почве в этом регионе составила в среднем почти 500 кг CO₂/га.

Однако все еще существует потребность в отдельной исходной культуре, производство которой можно масштабировать для удовлетворения спроса на высококачественное сырье для жидкого биотоплива, такого как биодизельное топливо, экологически чистое дизельное топливо и заменители реактивного топлива. При этом другие высокоурожайные и продуктивные масличные культуры, предложенные в качестве потенциальных источников сырья, наиболее распространенные виды и сорта, такие как Brassica типа канолы или соя, производят пищевые масла, которые требуют дополнительных затрат по сравнению со специализированным сырьем для биотоплива и которые также уменьшают поставку пищевых масел.

Например, разведение канолы или рапса с низким содержанием эруковой кислоты для производства значительных количеств биотоплива почти наверняка приведет к изменениям землепользования, с тем чтобы компенсировать сокращение производства пищевого масла. Более того, можно ожидать, что добавка к цене за высококачественные пищевые масла приведет к тому, что цены на каноловое сырье для биотоплива выйдут на неконкурентный уровень.

Соевые бобы, масло которых использовалось в качестве исходного сырья для производства биотоплива, представляют собой бобовые культуры холодного сезона, выращиваемые на большей части территории Северной Америки, Южной Америки и Азии. В качестве источника пищевого масла на соевые бобы в настоящее время также приходится более 60% пищевых масел, потребляемых в США (данные взяты из табл. 20: Отчетный год местного рынка по продаже и распределению масличных культур и продуктов США; и табл. 21: Отчетный год местного рынка по продаже и распределению соевых культур и продуктов США; (<https://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/oilseeds.pdf>)). Конкуренция между его использованием в качестве пищевого масла и сырья для биотоплива привела к изменчивости цен, что, вероятно, снижает экономическую обоснованность его необходимости в качестве исходного сырья для биотоплива (Wisner 2010). Более того, существенное смещение пищевых масел в области применения биотоплива почти наверняка приведет к косвенным выбросам в результате изменений землепользования.

Пальмовое масло, другое основное сырье для производства биотоплива, выращивается в Азии и Южной Америке. Однако во многих юрисдикциях пальмовое масло сталкивается со значительными препятствиями из-за изменений землепользования, возникших в результате создания пальмовых плантаций в чувствительных экосистемах. Использование пальмового масла было связано с высоким уровнем выбросов парниковых газов из-за массового обезлесения в результате создания монокультурных пальмовых плантаций. Так называемое сертифицированное экологически чистое пальмовое масло или пальмовое масло, произведенное по стандартам Круглого стола по вопросам экологически эффективного производства пальмового масла (RSPO), отличается от несертифицированного пальмового масла обязательством производителя сохранять и защищать природные леса высокой ценности. Однако экологически безопасное пальмовое масло значительно дороже несертифицированного пальмового масла, что препятствует его использованию в качестве биотоплива.

Представитель семейства Brassicaceae (ранее Cruciferae), Brassica carinata, также известен как абиссинская капуста, эфиопская горчица, абиссинская горчица, африканский карсон и "Gomenzer". Помимо B. carinata, род Brassica включает несколько экономически важных видов масличных культур: B. juncea (L.) Czern. (коричневая горчица), B. napus L. (рапс, аргентинская канола), B. nigra (L.) W.D.J. Koch (чер-

ная горчица) и *B. rapa* L. (полевая горчица, польская канولا), а также включает пищевые культуры *B. oleracea* L., в том числе капусту, брокколи, цветную капусту, брюссельскую капусту, кольраби и браунколь. Шесть видов *Brassica* тесно связаны генетически, как описано в "Triangle of U" (Nagaharu 1935). Природный ареал *Brassica carinata* охватывает центральную горную область Эфиопии; тем не менее, недавно были предприняты попытки использования генетических различий, присущих абиссинской горчице, для получения сортов, которые являются продуктивными в более разнообразных сельскохозяйственных условиях, включая полузасушливые зоны или регионы, где могут преобладать более маргинальные сельскохозяйственные земли.

Brassica carinata производит обильные сферические семена диаметром 1-1,5 мм (Mnzava и Schippers 2007), варьирующие от желтого до желто-коричневого или коричневого цвета (Alemaw 1987, Rahman and Tahir 2010). Семена богаты маслом, с содержанием масла 37-44% в расчете на сухую массу семян, в зависимости от сорта и условий выращивания. Содержание белка в семенах также высокое и составляет 25-30% в пересчете на сухую массу семян (Panet al., 2012). В отличие от канолы, *Brassica carinata* производит несъедобное масло.

В Испании и Италии масло семян абиссинской горчицы использовалось для производства биотоплива (Cardone et al., 2002, Cardone et al., 2003, Bouaidet al., 2005, Gasolet al., 2007, Gasolet al., 2009) и в качестве биоиндустриального сырья для многих целей (например, в смазочных материалах, красках, косметике, пластмассах). В Северной Америке абиссинская горчица была оценена как биотопливное сырье (Drenth et al., 2014, Drenth et al., 2015), а неочищенное масло, полученное из семян *B. carinata*, было использовано для производства зеленого или возобновляемого дизельного топлива, биодизеля и биотоплива для двигателей (Drenth et al. 2014). В октябре 2012 года экспериментальные авиационные полеты Национального исследовательского совета Канады с использованием первого в мире 100-процентного биотоплива для двигателей были успешными ("ReadiJet 100% biofuels flight - one of 2012's 25 most important scientific events", Popular Science Magazine, 2012(12).

Blackshaw и его коллеги сравнили несколько видов масличных культур на пригодность в качестве источников биодизеля МЭЖК в Западной Канаде (Blackshaw et al., 2011). В ходе испытаний, проведенных на 5 участках в западной части Канады (в течение 2008-2009 годов), ряд видов и сортов масличных культур, в том числе 3 сорта канолы (по одному на каждый из типов канолы *Brassica napus*, *Brassica rapa* и *Brassica juncea*), *Brassica carinata*, *Camelina sativa*, восточная горчица (*B. juncea*), желтая горчица (*Sinapis alba*), соя и лен были испытаны на выход и качество масляного сырья. Основываясь на результатах этих исследований, *Brassica carinata* превысила урожайность канолы *Brassica napus* (контрольная линия) только в 1 из 9 участков за год, что составило самый низкий совокупный рейтинг урожайности среди всех видов, протестированных в этих испытаниях, тогда как по содержанию масла *Brassica carinata* заняла третье место (выше, чем горчица для приправ и соя). Однако следует отметить, что в данном исследовании использовали сорт абиссинской горчицы, представляющий собой гетерогенный "обычный" сорт, а не коммерческий элитный сорт.

В отличие от этого, при сравнении сортов масличных культур *Brassica*, проведенных в Миннесоте в 2012-2013 годах, Gesch et al. (2015) хотели продемонстрировать, что новые коммерческие сорта абиссинской горчицы дают сопоставимые урожаи зерен с коммерческими сортами канолы типа *Brassica napus*, в то же время производя почти в два раза больше надземной биомассы по сравнению с сортами *Brassica napus*. Gesch et al. указывают на более низкое соотношение семян и надземной биомассы (уборочный индекс) культур абиссинской горчицы, и предполагают, что есть возможности для повышения урожайности зерна посредством селекции. Однако Gesch et al. не учат, что более высокая биомасса *Brassica carinata* может обеспечить выгоды с точки зрения возможности возврата дополнительного углерода в почву.

Johnson и его коллеги утверждают, что урожаи зерна и биомассы абиссинской горчицы положительно коррелируют с увеличением применения азотных удобрений, и в изученных условиях (до 160-200 кг N/га, в зависимости от эксперимента) максимальный урожай соломы и зерна не достиг плато (Johnson et al., 2013). Это может быть принято для указания того, что для производства зерна абиссинской горчицы могут потребоваться очень высокие уровни азота; однако они также якобы продемонстрировали, что в условиях высокой существующей минерализации азота в почве, высокие урожаи зерна могут быть получены без добавления азотных удобрений. С другой стороны, Johnson et al. не сообщали о возможном положительном эффекте включения *Brassica carinata* в севообороты с бобовыми культурами, такими как чечевица, горох или соя, которые фиксируют азот и повышают минерализацию азота в почве, снижая потребность в азотных удобрениях и углеродоемкость производства абиссинской горчицы.

В качестве первой попытки установить углеродный след для выращивания *Brassica carinata* был проведен анализ жизненного цикла парниковых газов на биоэнергетической системе выращивания абиссинской горчицы на основе использования всей собранной наземной биомассы (включая зерно) в качестве системы генерации лигноцеллюлозной энергии (Gasol et al., 2007). Основываясь на оценке углерода, связанного с обширной корневой системой, Gasol et al. учат, что в почву может быть перемещено до 631 кг CO₂/га, что способствует снижению выбросов CO₂ в атмосферном эквиваленте до 71% относительно базовой системы выработки электроэнергии на природном газе. Однако Gasol et al. не рассматривают возможность дополнительного возврата питательных веществ в почву за счет возврата надземной биомассы

после сбора урожая и сбора зерна абиссинской горчицы, а также не рассматривают возможность использования зерна для извлечения сырья для производства биотоплива и побочного продукта в виде муки для использования в качестве кормовой добавки с высоким содержанием белка.

Несмотря на то, что в приведенных выше ссылках говорится, что *Brassica carinata* может быть подходящей выделенной кормовой культурой для производства биотоплива, неизвестно, как это сырье может быть получено из абиссинской горчицы во множестве регионов, условиях почвы и севооборотах для достижения как можно более низкой и наиболее выгодной углеродоемкости для пути биотоплива.

Краткое изложение сущности изобретения

В качестве средства для снижения зависимости от использования ископаемого топлива, ведущего к последующему увеличению выбросов парниковых газов, и для содействия экологически рациональному сельскому хозяйству изобретение, описанное в настоящем документе, включает способы выращивания *Brassica carinata*, культуры, которая дает масло из собранного урожая семян, являющихся сырьем для производства биотоплива для замены ископаемого топлива, а также для производства высококачественной богатой белком муки в качестве побочного продукта, которую можно использовать в коммерческих кормах для скота. Более конкретно, изобретение описывает способы культивирования для получения урожая с использованием оптимальных агрономических и землеустроительных практик, применяемых во множестве климатических зон и регионов, что позволяет существенно сократить атмосферные выбросы CO₂ и ПГ по сравнению с эквивалентным количеством ископаемого топлива.

Brassica carinata можно устойчиво культивировать в различных средах для производства высококачественного исходного сырья для биотоплива, одновременно достигая:

- а) сокращения выбросов парниковых газов, связанных с производством сырья, а также последующим производством биотоплива;
- б) увеличения содержания углерода в почве, в которой выращивают посевы;
- с) обеспечения условий для повышения урожайности сельскохозяйственных культур, с которыми *Brassica carinata* производят в севообороте; и
- д) достижения вышеуказанного с небольшим или нулевым увеличением изменений землепользования.

Эти характеристики позволяют начислять кредиты с помощью схем или программ, предназначенных для присвоения стоимости выбросам углерода, таких как программа RFS в США и программа RED в ЕС. Такие программы также позволяют монетизировать стоимость углерода, образующегося при производстве и использовании топлива, таким образом, чтобы уменьшить разницу в цене между ископаемым топливом и альтернативным биотопливом. Конечным результатом является признание углерода в качестве первичного продукта стоимости. Точно так же понятие абиссинской горчицы как культуры, которая производится и оценивается как источник определенного товара (то есть как сырья для производства биотоплива), заменяется тем, чья ценность представляет собой необходимый баланс между выбросом углекислого газа и сокращением выбросов углекислого газа. В этом свете производство абиссинской горчицы представляет собой новую категорию сельскохозяйственного производства, а именно ту, которую можно охарактеризовать как углеродное земледелие.

Настоящее изобретение обеспечивает культивирование абиссинской горчицы в конкретных климатических и почвенных зонах и географических регионах с использованием конкретных способов ведения сельского хозяйства и землепользования для обеспечения экологически рационального сырья для биотоплива и кормов при одновременном достижении измеримых преимуществ в виде сокращения выбросов парниковых газов, улучшенной структуры почвы и улучшенных характеристик следующих культур, выращиваемых с абиссинской горчицей при севообороте.

В отличие от канолы, *Brassica carinata* производит несъедобное масло, и ее производство можно осуществлять на маргинальных землях или как часть севооборота, заменяющего летний или зимний пар, что повлечет за собой минимальное смещение продовольственных культур и незначительное или полное отсутствие сопутствующего изменения землепользования.

В вариантах осуществления предложены способы культивирования сортов *Brassica carinata* для обеспечения озимых посевов при короткой продолжительности дня в умеренных или субтропических регионах, и яровых посевов при большой продолжительности дня в регионах с умеренным холодным сухим климатом.

В некоторых вариантах осуществления предусмотрены условия выращивания, при которых абиссинскую горчицу поддерживают на ранее обработанной земле, в качестве замены парования и в севообороте, сопровождаемом или предшествующем бобовым, зернобобовым культурам или злакам.

В еще одних вариантах осуществления предусмотрены агрономические и землеустроительные практики для выращивания и сбора масличных культур *Brassica carinata*, включая использование удобрений, гербицидов и пестицидов, норм высева и глубины посева для достижения оптимального зерна и биомассы.

В дополнительных вариантах осуществления предусмотрены способы управления земельными ресурсами для культивирования абиссинской горчицы, такие как возврат биомассы наземных и подземных растений абиссинской горчицы на поле, чтобы максимизировать уровни углерода в почве. Степень накопления углерода, достижимая с помощью абиссинской горчицы, является неожиданным открытием. В то

время как другие масличные семена, такие как канولا, оптимизированы для производства зерна путем селекции на сорта, которые будут направлять энергию растений в производство семян в ущерб производству биомассы, *Brassica carinata* достигает высоких уровней производства зерна и производства биомассы одновременно. Полученная таким образом увеличенная биомасса содержит большее количество углерода и может впоследствии вернуть большую часть этого углерода в почву после сбора урожая.

В других вариантах осуществления предусмотрены условия для выращивания *Brassica carinata* для получения зерна, масло которого используется в качестве исходного сырья для производства биотоплива, такого как ГРМ, при производстве муки в качестве побочного продукта экстракции масла, с белком, углеводом, волокнами и калорийностью, как описано для использования в качестве корма для животных.

В других вариантах осуществления предлагаются способы получения сырья для производства биотоплива с низкой углеродоемкостью. Углеродоемкость в биотопливе, произведенном из полученного таким образом сырья, может быть отрицательной, что обеспечивает усиление сокращения выбросов парниковых газов.

В некоторых средах, где зима может быть слишком суровой, чтобы поддерживать выращивание сельскохозяйственных культур, *Brassica carinata* может быть посажена сразу после зимы, как только позволят температуры почвы, как часть севооборота, где *Brassica carinata* заменяет весенний/летний пар, который обычно следует за урожаем, собранным до наступающей зимы.

В одном аспекте настоящего изобретения предлагается способ, включающий:

- a) посев сорта *Brassica carinata* в качестве второй культуры поочередно с первой культурой или для замены парования;
- b) внедрение методик управления земельными ресурсами для сокращения использования ископаемых видов топлива и максимального захвата атмосферного углерода биомассой *Brassica carinata*;
- c) сбор урожая сорта *Brassica carinata* для получения зерна;
- d) возврат примерно от 70 до 90% всего растительного материала из сорта *Brassica carinata*, кроме зерна, в почву.

В некоторых вариантах осуществления способ включает посев сорта *Brassica carinata* сразу после сбора урожая или одновременно с сбором первого урожая для последовательного выращивания культур без промежуточного периода парования.

В некоторых вариантах осуществления способ дополнительно включает обработку зерна для получения масла, где масло используют в качестве сырья для производства биотоплива с низкой углеродоемкостью.

В некоторых вариантах осуществления способ дополнительно включает обработку зерна таким образом, чтобы после экстракции масляной фракции оставалась богатая белком мучная фракция с низким содержанием волокна, которую можно использовать в качестве богатой белком кормовой добавки для животноводства.

В некоторых вариантах осуществления новую культуру, которая не является *Brassica carinata*, высаживают сразу после или одновременно с сбором *Brassica carinata* без промежуточного периода парования, что повышает продуктивность почвы при добавлении дополнительного углерода в почву. В результате общие выбросы парниковых газов, связанные с сельским хозяйством, сокращаются.

Соответственно в одном варианте осуществления настоящего изобретения предложен способ культивирования *Brassica carinata*, включающий:

- a) посев сорта *Brassica carinata* сразу после сбора урожая или одновременно с сбором урожая первой культуры для последовательного выращивания сельскохозяйственных культур без промежуточного периода парования;
- b) внедрение методик управления земельными ресурсами с целью сокращения использования ископаемых видов топлива и максимального захвата атмосферного углерода биомассой *Brassica carinata*;
- c) сбор урожая сорта *Brassica carinata* для получения зерна;
- d) возврат от 70 до 90% всего растительного материала из сорта *Brassica carinata*, кроме зерна, в почву;
- e) посев новой культуры, которая может быть такой же, как первая культура, или отличаться от первой культуры, но не являющейся *Brassica carinata*, сразу после или одновременно со сбором урожая *Brassica carinata* без промежуточного периода парования;
- f) переработку зерна для производства масла, при которой масло используют в качестве исходного сырья для производства биотоплива с низкой углеродоемкостью; и
- g) переработку зерна таким образом, чтобы после экстракции масляной фракции осталась мучная фракция с низким содержанием волокна, богатая белками, которая может быть использована в качестве богатой белком кормовой добавки для животноводства.

Специалистам в области сельскохозяйственного производства, как правило, понятно, что период парования является обычной практикой во многих регионах. Специалистам в данной области также в целом понятно, что период парования часто может включать оставление земли без обработки в течение периода времени, равного типичному периоду, когда выращивают первую культуру, или что период парования также может включать посадку покровной культуры для контроля эрозии почвы или с целью

предотвращения роста нежелательных растений, таких как сорняки. В каждом случае термин "пар" используется для широкого описания периода времени, когда землю не используют для производства первой культуры, а скорее управляют ею либо без посевной культуры, либо с засеянным растением или культурой, которую просто используют для обеспечения растительного покрова над землей. Для каждого региона сельского хозяйства сроки и продолжительность парования будут разными, так как климат может отличаться, а практика меняется от региона к региону, и это, как правило, очевидно для специалистов в области сельского хозяйства; однако, "пар" является термином для описания части времени, когда почва считается непродуктивной.

Существует ряд покровных культур, которые используют во время периода парования, начиная с пшеницы, ржи, других трав и даже культур, которые производят масло в семенах, таких как *Brassica napus*, *Brassica juncea*, *Camelina* и *Lesquerella* (лескверелла). Однако такие культуры, как пшеница, рожь и другие травы, не дают масла, которое можно использовать для топлива с низкой углеродоемкостью, в то время как такие культуры, как *Camelina* и *Lesquerella*, не производят значительного количества биомассы, позволяющей улавливать достаточное количество углерода и обеспечивать снижение парниковых газов, наблюдаемое для *Brassica carinata*. Например, было показано (Geschet al., 2015), что *Brassica carinata* может производить до 2 раз больше биомассы по сравнению с *Brassica napus* и более чем в 4,5 раза больше биомассы по сравнению с *Camelina* при типичных условиях посева, где обычно используют парование. В настоящем изобретении мы продемонстрировали неожиданный и полезный результат, заключающийся в том, что посредством *Brassica carinata* можно заменить период парования и обеспечить добавление большего количества углерода в почву, с дополнительным преимуществом получения зерна, которое можно использовать для производства топлива с низкой углеродоемкостью.

Задача настоящего изобретения состоит в обеспечении способа, при котором парование предотвращают и заменяют на *Brassica carinata* с использованием методик, которые максимизируют улавливание атмосферного углерода, который добавляется в почву при сборе урожая. Эти методики могут включать уменьшение количества удобрений и снижения использования дополнительной воды, например, для орошения. Уникальные свойства *Brassica carinata*, которые включают повышенную устойчивость к экстремальным климатическим изменениям, таким как мороз или жара, позволяют выращивать *Brassica carinata* в регионах, где другие семена масличных культур не могут расти, или не дают урожайного продукта, такого как зерно, которое содержит высокий процент масла в зерне.

В типичных протоколах парования растительный материал, который выращивают во время парования, просто обрабатывают или уничтожают гербицидами в конце периода парования для внесения в почву. Настоящее изобретение предусматривает более выгодное использование земли, увеличение количества атмосферного углерода, поступающего в почву через биомассу *Brassica carinata*, и дополнительное преимущество сбора зерна, содержащего масло, которое можно использовать для производства топлива с низкой углеродоемкостью.

В некоторых вариантах осуществления изобретение обеспечивает способ получения зерна для использования при производстве растительного масляного сырья для биотоплива с низкой углеродоемкостью; для добавления углерода в почву; и/или для получения углеродного кредита.

В некоторых вариантах осуществления предложен способ получения зерна для использования в производстве сырья для топлива с низкой углеродоемкостью, включающий:

- a) посев сорта *Brassica carinata* сразу после сбора урожая или одновременно со сбором урожая первой культуры для последовательного выращивания без промежуточного периода парования;
- b) внедрение методик управления земельными ресурсами для сокращения использования поступлений ископаемого топлива и максимального увеличения улавливания атмосферного углерода биомассой *Brassica carinata*;
- c) сбор урожая сорта *Brassica carinata* для получения зерна;
- d) возврат примерно от 70 до 90% всего растительного материала из сорта *Brassica carinata*, кроме зерна, в почву;
- e) переработку зерна для извлечения фракций масла и муки; и
- f) превращение масла в топливо с низкой углеродоемкостью, а муки - в кормовую добавку с высоким содержанием белка для скота.

В других вариантах осуществления обеспечивается следующее.

1. Способ выращивания *Brassica carinata*, включающий:

- a) посев сорта *Brassica carinata* в качестве второй культуры поочередно с первой культурой или для замены парования;
- b) внедрение методов управления земельными ресурсами для сокращения использования ископаемых видов топлива и максимизации улавливания атмосферного углерода растительным материалом сорта *Brassica carinata*;
- c) сбор урожая сорта *Brassica carinata* для получения зерна;
- d) возврат примерно от 70 до 90% всего растительного материала из сорта *Brassica carinata*, кроме зерна, в почву.

2. Способ по варианту осуществления 1, дополнительно включающий посев сорта *Brassica carinata*

сразу после сбора урожая или одновременно с сбором урожая первой культуры для последовательного выращивания культур без промежуточного периода парования.

3. Способ по варианту осуществления 1 или 2, дополнительно включающий обработку собранного зерна для извлечения масла и получения фракции муки.

4. Способ по варианту осуществления 3, дополнительно включающий использование масла в качестве исходного сырья для производства биотоплива с низкой углеродоемкостью.

5. Способ по варианту осуществления 4, где биотопливо с низкой углеродоемкостью имеет значение углеродоемкости, которое снижено примерно на 50-200 г CO₂-экв./МДж относительно значения углеродоемкости соответствующего топлива, полученного из ископаемого сырья.

6. Способ по варианту осуществления 4, где выбросы ПГ, являющиеся результатом производства биотоплива с низкой углеродоемкостью в течение его жизненного цикла, уменьшаются примерно на 60-400% по сравнению с выбросами ПГ, полученными в результате производства соответствующего топлива из ископаемого сырья.

7. Способ по варианту осуществления 3, дополнительно включающий получение обогащенной белком кормовой добавки для животноводства из фракции муки.

8. Способ по любому из вариантов осуществления 1-7, дополнительно включающий посев новой культуры, которая может быть такой же, как первая культура, или отличаться от первой культуры, но которая не является *Brassica carinata*, сразу после или одновременно с уборкой урожая *Brassica carinata* без промежуточного периода парования.

9. Способ по любому из вариантов осуществления 1-8, дополнительно включающий фиксацию углерода в почве.

10. Способ по любому из вариантов осуществления 1-9, обеспечивающий фиксацию примерно от 0,5 до 5 т CO₂ на гектар в год в почве.

11. Способ по любому из вариантов осуществления 1-10, где практика землепользования включает беспашотную обработку, обработку с неглубокой вспашкой или обработку со средней вспашкой.

12. Способ по любому из вариантов осуществления 1-11, где практика управления земельными ресурсами включает устранение орошения или уменьшение орошения по сравнению с нормальным количеством орошения, требуемым для другой масличной культуры для той же среды выращивания.

13. Способ по любому из вариантов осуществления 1-12, где практика управления земельными ресурсами включает сокращение использования неорганического азотного удобрения по сравнению с рекомендуемым количеством азотного удобрения для *Brassica carinata* для среды выращивания.

14. Способ по варианту осуществления 13, включающий снижение использования неорганического азотного удобрения до примерно 40-100% от рекомендуемого количества азотного удобрения для *Brassica carinata* в среде выращивания.

15. Способ по варианту осуществления 13, включающий снижение использования неорганического азотного удобрения примерно до 40-90% от рекомендуемого количества азотного удобрения для *Brassica carinata* в среде выращивания.

16. Способ по варианту осуществления 13, включающий снижение использования неорганического азотного удобрения примерно до 50-70% от рекомендуемого количества азотного удобрения для *Brassica carinata* в среде выращивания.

17. Способ по любому из вариантов осуществления 1-12, где практика управления земельными ресурсами включает использование навоза для обеспечения примерно от 20 до 100% азотного удобрения, необходимого для выращивания *Brassica carinata*.

18. Способ по любому из вариантов осуществления 1-12, где практика управления земельными ресурсами включает использование навоза для обеспечения примерно от 30 до 90% азотного удобрения, необходимого для выращивания *Brassica carinata*.

19. Способ по любому из вариантов осуществления 1-12, где практика управления земельными ресурсами включает использование навоза для обеспечения примерно от 40 до 80% азотного удобрения, необходимого для выращивания *Brassica carinata*.

20. Способ по любому из вариантов осуществления 1-12, где практика управления земельными ресурсами включает использование навоза для обеспечения примерно от 50 до 75% азотного удобрения, необходимого для выращивания *Brassica carinata*.

21. Способ по любому из вариантов осуществления 17-20, где навоз представляет собой куриный помет, навоз крупного рогатого скота или навоз овец.

22. Способ по любому из вариантов осуществления 1-21, где сорт *Brassica carinata* выращивают на земле в течение периода времени, когда земля обычно остается под паром.

23. Способ по любому из вариантов осуществления 1-22, где изменение землепользования является минимальным или отсутствует.

24. Способ по любому из вариантов осуществления 1-23, где первая культура представляет собой бобовую культуру.

25. Способ по варианту осуществления 24, где бобовая культура представляет собой бобы, горох, чечевицу, сою, арахис или люцерну.

26. Способ по варианту осуществлению 24, где бобовая культура представляет собой арахис, чечевицу или сою.
27. Способ по любому из вариантов осуществления 1-23, где первая культура представляет собой зерновую культуру.
28. Способ по варианту осуществления 27, где зерновая культура представляет собой пшеницу, ячмень, рожь, овес или кукурузу.
29. Способ по варианту осуществления 27, где зерновая культура представляет собой пшеницу или кукурузу.
30. Способ по любому из вариантов осуществления 1-23, где первая культура представляет собой хлопок или кунжут.
31. Способ по любому из вариантов осуществления 1-30, где среда выращивания находится в регионе с тропическим дождливым климатом, и при этом методы управления земельными ресурсами включают посадку *Brassica carinata* осенью или зимой для сбора урожая весной или летом.
32. Способ по любому из вариантов осуществления 1-30, где среда выращивания находится в регионе с тропическим дождливым климатом, и где методы управления земельными ресурсами включают посадку *Brassica carinata* весной для сбора урожая летом или осенью.
33. Способ по варианту осуществления 31, где первая культура представляет собой хлопок или кунжут.
34. Способ по варианту осуществления 30 или 31, где первая культура представляет собой зернобобовую или зерновую культуру.
35. Способ по варианту осуществления 34, где бобовая культура представляет собой арахис, чечевицу или сою.
36. Способ по варианту осуществления 34, где зерновой культурой является кукуруза или пшеница.
37. Способ по любому из вариантов осуществления 1-23, где первая культура представляет собой зернобобовую культуру, среда выращивания находится в регионе с умеренным теплым влажным климатом, а практика управления земельными ресурсами включает посадку *Brassica carinata* осенью или зимой для сбора урожая весной или летом.
38. Способ по варианту осуществления 37, где бобовая культура представляет собой арахис, чечевицу или сою.
39. Способ по любому из вариантов осуществления 1-23, где первая культура представляет собой зерновую культуру, среда выращивания находится в регионе с умеренным теплым влажным климатом, и практика управления земельными ресурсами включает посадку *Brassica carinata* весной или летом для сбора урожая осенью или зимой.
40. Способ по любому из вариантов осуществления 1-23, где первая культура представляет собой зерновую культуру, среда выращивания находится в регионе с умеренным теплым сухим климатом, а практика управления земельными ресурсами включает посадку *Brassica carinata* осенью или зимой для сбора урожая весной или летом.
41. Способ по любому из вариантов осуществления 1-23, где первая культура представляет собой зерновую культуру, среда выращивания находится в регионе с умеренным холодным сухим климатом, а практика управления земельными ресурсами включает посадку *Brassica carinata* весной для сбора урожая летом или осенью.
42. Способ по любому из вариантов осуществления 1-23, где первая культура представляет собой зерновую культуру, среда выращивания находится в регионе с умеренным холодным влажным климатом, а практика управления земельными ресурсами включает посадку *Brassica carinata* весной для сбора урожая летом или осенью.
43. Способ по любому из вариантов 1-23 осуществления, где первая культура представляет собой зерновую культуру, среда выращивания находится в регионе с тропическим засушливым климатом, а практика управления земельными ресурсами включает посадку *Brassica carinata* осенью или зимой для сбора урожая весной или летом.
44. Способ по любому из вариантов осуществления 39-43, где зерновая культура представляет собой кукурузу или пшеницу.
45. Способ по любому из вариантов осуществления 1-44, где способ приводит к фиксации примерно от 0,5 до 5 т CO₂/га/год в почве.
46. Способ по любому из вариантов осуществления 1-45, где уборку урожая осуществляют комбайном.
47. Способ по варианту осуществления 46, где сбор урожая осуществляют путем прямого комбайнирования.

Описание чертежа

На чертеже показаны этапы производства ГРМ (гидроочищенного растительного масла) из выращиваемого зерна *Brassica carinata*, которые находятся в пределах границы системы "от Коэффициент распределения для первых трех этапов составляет 0,613. Выход ГРМ составляет 0,58 МДж/МДж семян абиссинской горчицы.

Определения

В описании, примерах и таблицах, которые следуют, используется ряд терминов. Чтобы помочь в ясном и последовательном понимании изобретения, предоставлены следующие определения.

Биотопливо - это топливо, выработанное из сырья, полученного из биологического (растительного, животного или бактериального) источника углеводов, в отличие от топлива, полученного из ископаемого источника.

Типы биотоплива включают топливо, которое классифицируется как следующее.

а) Первое поколение: как правило, биотопливом первого поколения являются те виды топлива, которые получены из биомассы, выделенной из пищевых культур, например этанол, полученный в результате ферментации крахмалов и сахаров, или биодизель, полученный в результате переэтерификации пищевых растительных масел.

б) Второе поколение: биотопливо второго поколения производят из сырья, полученного из биомассы целевых непищевых энергетических культур или из остатков урожая пищевых культур. В первую категорию входят исходные масла из специальных энергетических культур, таких как ятрофа, в то время как последняя категория включает лигнин, целлюлозу и гемицеллюлозу из кукурузной соломы, жмыха сахарного тростника и т.д.

с) Прогрессивное биотопливо или биотопливо третьего поколения: биотопливо, полученное из водорослевого сырья.

Биомасса в широком смысле определяется как материал органического происхождения, который включает живой или недавно живой организм. Наземная биомасса растений включает всю биомассу, связанную с той частью растения, которая находится во время сбора над поверхностью почвы. Аналогичным образом, подземная биомасса растений включает всю биомассу, связанную с частью растения, которая находится ниже поверхности почвы во время сбора. Отсюда следует, что общая биомасса растений определяется как сумма надземной биомассы и всей подземной биомассы на момент сбора.

Углеродоемкость (CI) относится к количеству выбросов парниковых газов (ПГ), производимых единичным количеством топлива в течение всего его жизненного цикла, по сравнению с энергией, выделяемой при сжигании этой единицы топлива. Производство парниковых газов определяется тщательным анализом жизненного цикла (LCA), в котором перечисляются все выбросы парниковых газов, выделенные при производстве и использовании единицы топлива. Что касается биотоплива, это включает все выбросы, образующиеся в результате выращивания культуры и последующей транспортировки собранного материала, последующей переработки собранного материала в топливное сырье, хранения и транспортировки сырья, производства топлива из исходного сырья, хранения и распределения топлива, вплоть до конечного использования топлива. CI регистрируется как масса парниковых газов в эквиваленте диоксида углерода, выбрасываемая на единицу энергии, содержащейся в топливе, в единицах грамма эквивалента диоксида углерода на мегаджоуль произведенной энергии (г CO₂-экв./МДж).

Абиссинская горчица относится к семенам или растениям вида *Brassica carinata*, содержащим как геном В из *Brassica nigra* (горчицы черной), так и геном С из *Brassica oleracea* (капусты огородной) (Nagaharu, 1935).

Зерновые, или зерновые культуры - это термин, применяемый к травам, которые выращивают для их зерна, включая ячмень, кукурузу, овес, рис, рожь и пшеницу, но не ограничиваясь ими.

Климатические зоны, климатические регионы, климат, как используется в данном документе, являются терминами, относящимися к географическим подразделениям земной поверхности, которые очерчивают регионы на основе сходства средних исторических температур, осадков и сезонных колебаний. Климатические зоны, используемые в этом изобретении, основаны на зонах, которые описаны в документе ЕС, озаглавленном "Решение комиссии от 10 июня 2010 о руководящих принципах для расчета земельных углеродных запасов для целей Приложения V к Директиве 2009/28/ЕС", которые, в свою очередь, основаны на климатических зонах, установленных МГЭИК (МГЭИК 2006, 2006 МГЭИК, Руководящие принципы для национальных кадастров парниковых газов, подготовленные Национальной программой кадастров парниковых газов, Eggleston HS, Buendia L., Miwa K., Ngara T. и Tanabe K. (ред.). Опубликовано: IGES, Япония). Зоны определяются на основе общности высот, среднегодовой температуры (MAT), среднегодового количества осадков (MAP), отношения среднегодового количества осадков и потенциального суммарного испарения (MAP:PET) и частоты морозов. Существует 12 климатических регионов: тропический горный; тропический дождливый; тропический влажный; тропический сухой; умеренный теплый, влажный; умеренный теплый, сухой; умеренный холодный, влажный; умеренный холодный, сухой; бореальный влажный; бореальный сухой; полярный влажный; и полярный сухой (описано в табл. 2 ниже).

Таблица 2

Определения климатической зоны МГЭИК
(Межправительственной группы экспертов по изменению климата)

Климатическая зона	Определяющие характеристики
Тропическая горная	- Среднегодовая температура выше 18°C - До семи дней с отрицательной температурой в год - Высота над уровнем моря более 1000 м
Тропическая дождливая	- Среднегодовая температура выше 18°C - До 7 дней с отрицательной температурой в год - Среднегодовые осадки более 200 мм - Менее 3 месяцев сухой погоды в зимнее время
Тропическая влажная	- Среднегодовая температура выше 18°C - До 7 дней с отрицательной температурой в год - Среднегодовые осадки от 100 до 200 см
	- Менее 3-5 месяцев сухой погоды в зимнее время
Тропическая сухая	Среднегодовая температура выше 18°C - До 7 дней заморозков в год - 5-8 месяцев сухой погоды в зимнее время
Умеренная теплая, влажная	- Среднегодовая температура выше 10°C - Сырая погода; без сухого сезона - Отношение среднегодовых осадков к потенциальному суммарному испарению более 1
Умеренная теплая, сухая	- Среднегодовая температура выше 10°C - Сезонно-сухая погода; зимние дожди - Отношение потенциального суммарного испарения к среднегодовым осадкам более 1
Умеренная холодная, влажная	- Среднегодовая температура выше 10°C (4-8 месяцев с температурой выше 10°C) - Отношение среднегодовых осадков к потенциальному суммарному испарению более 1
Умеренная холодная, сухая	- Среднегодовая температура выше 10°C (4-8 месяцев с температурой выше 10°C) - Отношение потенциального суммарного испарения к среднегодовым осадкам более 1
Бореальная влажная	- 3 месяца или менее с температурой 10°C или выше - Отношение среднегодовых осадков к потенциальному суммарному испарению более 1
Бореальная сухая	- 3 месяца или менее с температурой 10°C или выше - Отношение потенциального суммарного испарения к среднегодовым осадкам более 1
Полярная влажная	- Все месяцы с температурой ниже 10°C - Отношение среднегодовых осадков к потенциальному суммарному испарению более 1
Полярная сухая	- Все месяцы с температурой ниже 10°C - Отношение потенциального суммарного испарения к среднегодовым осадкам более 1

Комбайнирование относится к процессу жатвы и сбора семенных коробочек из созревшего урожая, обмолота семенных коробочек для высвобождения семян (зерна) и провеивания для отделения и извлечения зерна от пустых семенных коробочек, стеблей и ветвей (совместно называемых мякиной). Эти некогда отдельные операции сегодня часто "комбинируются" с помощью многофункционального механизированного устройства, известного как "комбайн".

Покровные культуры - однолетние растения, выращиваемые в основном для обогащения или улучшения почвы. Они растут, предотвращая деградацию почвы из-за эрозии и вымывания питательных веществ из корневой зоны корнеплодов. Они также могут способствовать сохранению влаги в почве, выступать в качестве резервуаров для поддержания питательных веществ в почве, улучшать структуру почвы, увеличивая содержание углерода в ней, и противодействовать болезням, предотвращая сохранение патогенов растений. По своей природе покровные культуры высаживают в течение одного сезона, чтобы сохранить или улучшить потенциал почвы, чтобы поддержать рост урожая следующего сезона. Как правило, покровные культуры не выращивают в ожидании получения собираемого материала, который имеет собственную экономическую ценность, такую как пригодность в использовании для производства продуктов питания, топлива или волокна. Скорее растительный материал, производимый покровной культурой, обычно внедряется в почву во время или к концу своего жизненного цикла. В отличие от это-

го, абиссинскую горчицу, предоставляющую аналогичные преимущества как для почвы, так и для последующих культур, собирают для получения богатого маслом зерна, которое можно перерабатывать в сырье, используемое для производства биотоплива, а также в богатую белком муку, которую можно использовать в кормах для животных, что обеспечивает прямой экономический эффект для фермера.

Выращивание. Выращивание относится к условиям, при которых урожай высевают, поддерживают и собирают.

Для абиссинской горчицы факторы для выращивания включают следующее.

а) Время посева: абиссинская горчица является культурой среднего и длинного сезона, требующей немного более продолжительного вегетационного периода, чем другие виды горчицы. Следовательно, ранний посев обеспечивает лучшие результаты. Идеальная дата посева во многом зависит от географии и погоды. Однако, как правило, почвы должны иметь температуру не менее 40 F или выше перед посевом.

i) Прерии Канады и северный ярус США: типичную посадку осуществляют весной с начала апреля до конца мая.

ii) Юго-Восточная часть США: типичную посадку осуществляют осенью с октября по декабрь.

iii) Южная Америка (Уругвай): оптимальным временем посадки является осень или зима (то есть обычно между началом мая и концом июня).

б) Посев: тип почвы и предшествующая история посева будут влиять на тип вспашки, необходимый для подготовки почвы для посева. Уменьшенная или минимальная вспашка может повысить сохранение воды, содержание органических веществ в почве, эффективность использования топлива и контроль эрозии. Абиссинская горчица может быть посеяна в почву, подвергнутую обычной или минимальной вспашке, или же она может быть посеяна без вспашки в стерне на корню. Посев проводят по норме, рассчитанной на достижение плотности растений в диапазоне от 80 до 180 растений на квадратный метр. *B. carinata* можно высевать на постоянной глубине от 0,5 до 5,0 см, например, на глубине от 1,35 до 2,5 см.

с) Плодородие: требования к плодородию почвы для абиссинской горчицы аналогичны требованиям для других видов горчицы и канолы. Для достижения истинного потенциала урожайности требуется достаточное количество азота, фосфора, калия и серы. Навоз может использоваться в качестве источника органического азота для замены части или всего рекомендуемого неорганического азота для роста *Brassica carinata* в конкретном составе почвы. Нормы удобрения варьируют в зависимости от зоны выращивания и плодородия почвы.

д) Вспашка: абиссинскую горчицу можно сажать в почву, подвергнутую обычной вспашке, где обычная вспашка или глубокая вспашка включает существенное взрыхление почвы, повторяемое несколько раз в год, так что во время посева на поверхности почвы остается немного растительных остатков. В качестве альтернативы, абиссинская горчица может быть посажена в почву, которая поддерживается в соответствии с практикой консервационной вспашки, при которой степень и частота вспашки значительно уменьшаются по сравнению с обычной вспашкой (так называемое управление почвой со средней или неглубокой вспашкой), или она может не подвергаться вспашке при посадке в стерне на корню. Более подробное описание каждой практики вспашки приводится ниже в определении методов управления земельными ресурсами.

е) Влажность: для хорошего формирования насаждения абиссинской горчице требуется достаточная влажность почвы при посеве и всходах, но в дальнейшем она может выдерживать пониженную влажность и хорошо противостоит полувлажным условиям середины лета прерий Южной Канады.

ф) Температура: абиссинская горчица является культурой умеренного климата, но она была адаптирована к более экстремальным условиям в прериях Южной Канады и самых северных областей США. Во время первоначального формирования насаждения абиссинская горчица может восстанавливаться после кратковременных заморозков, и переносит более высокую температуру во время цветения и посадки семян лучше, чем другие семена масличных культур *Brassica*.

г) Гербициды: абиссинская горчица является агрессивной культурой и превосходит многие сорняки, если она хорошо укореняется. Тем не менее, некоторые виды сорняков, если дать им вырасти на ранней стадии и сохранить, могут повлиять на качество и урожайность всех сельскохозяйственных культур, включая абиссинскую горчицу. Примеры сорняков, которые могут отрицательно повлиять на урожай и качество абиссинской горчицы, включают кохию, дикую горчицу и дикую редьку. Таким образом, борьба с сорняками является важным аспектом современной сельскохозяйственной практики и включает несколько различных, но взаимодополняющих подходов, в том числе физические методы удаления сорняков до посева семян, такие как возделывание, вспашка и прополка, а также использование химических агентов или гербицидов для подавления или уничтожения сорняков до того, как они укоренятся и/или могут формировать и высвобождать свои семена. Гербициды представляют собой класс пестицидов и включают большую группу химических соединений, которые препятствуют специфическим биологическим процессам растений таким образом, чтобы блокировать их рост и выживание. Гербициды сгруппированы в классы, определяемые биологическим процессом, с которым они взаимодействуют. Они могут включать ингибирование биосинтеза липидов, ингибирование биосинтеза аминокислот, гормональную регуляцию роста растений, ингибирование фотосинтеза, ингибирование метаболизма азота, ингибирование биосинтеза или функции пигментов растений; агенты, которые могут повреждать клеточные мем-

браны, и агенты, которые ингибируют рост проростков (Sherwani et al., 2015). В целом, различные соединения и классы гербицидов могут демонстрировать различную степень эффективности против определенных видов сорных растений. Более того, некоторые виды сельскохозяйственных культур могут проявлять большую устойчивость к определенным классам гербицидов, чем другие. Таким образом, в конкретном географическом регионе использование конкретного гербицида для борьбы с сорняками может быть продиктовано природой возделываемой культуры и местными сорняками, встречающимися в этом регионе. Таким образом, конкретный гербицид может быть определен как зарегистрированный для использования с культурой на основании его показателей эффективности и доказанной способности контролировать соответствующие сорняки без существенного влияния на урожайность сельскохозяйственных культур. Зарегистрированное использование также определяет конкретные методы применения гербицида, включая рекомендуемую концентрацию гербицида, использование подходящих разбавителей, адъювантов, поверхностно-активных веществ и т.д., способ доставки (т.е. распыление или с гранулы), время применения на соответствующей стадии выращивания для обеспечения наименьшего повреждения урожая, сроки внесения и количество применений для обеспечения оптимального контроля над сорняками, место внесения (на листья или в почву), рекомендуемые погодные условия для оптимального контроля над сорняками. Некоторые примеры гербицидов, рекомендованных для использования с абиссинской горчицей, выращенной в юго-восточной части США, перечислены в:

(https://agrisoma.com/ckfinder/userfiles/files/2017_18_SE_Handbook.pdf).

Вышеупомянутое приведено в качестве примера и никоим образом не предназначено для ограничения объема изобретения.

h) Фунгициды представляют собой класс пестицидов, включающий разнообразный набор химических агентов, которые могут предотвращать или уменьшать степень заражения растений патогенными грибами. Как и в случае гербицидов, существует множество классов фунгицидов. FRAC (Комитет по действиям против устойчивости к фунгицидам; <http://www.frac.info/home>) перечисляет 12 классов, основанных на различных биохимических путях, на которые нацелены фунгициды в классе, а также 13-й класс, который включает фунгициды с неизвестными способами действия. Фунгициды также различаются по способам доставки и местам действия: некоторые фунгициды распыляют на поверхности растений, в то время как другие наносят на поверхности почвы в виде гранул или в виде жидкости, заливающей поверхность почвы. Фунгициды, наносимые на почву, как правило, поглощаются через корни и транспортируются во все ткани растения через ксилему. Фунгициды, которые являются листовыми, могут быть локальными, т.е. защищать только те поверхности, с которыми они контактируют, системными, т.е. поглощаться верхними частями растений, но затем переноситься ксилемой во все надземные ткани, или частично системными, т.е. они могут локально абсорбироваться, но могут транспортироваться только на короткие расстояния, чтобы защитить несколько более обширную поверхность, чем начальная точка контакта фунгицида. Кроме того, как и в случае с гербицидами, существует система регистрации фунгицидов, которая ограничивает использование конкретных фунгицидов для конкретных видов сельскохозяйственных культур и грибковых заболеваний, где их применение оказалось наиболее эффективным и безопасным. Грибковые заболевания масличных культур Brassica могут снижать урожайность и качество собранного зерна. В зависимости от характера и тяжести грибковой патогенной инфекции, воздействие может варьировать от незначительной степени до полной потери урожая. Фунгициды могут помочь снизить риск потерь, вызванных грибковой инфекцией, но затраты на опрыскивание фунгицидами являются достаточно значительными, чтобы требовать проведения анализа типа оценки пользы и риска до принятия решения о применении. Примеры экономически значимых грибковых заболеваний Brassica и горчичных масличных культур включают:

i) Склеротиниоз, вызванный грибом, споры которого поражают Brassica преимущественно в период цветения, а заболеваемость связана с периодами высокой влажности. На стеблях образуются повреждения, которые могут в конечном итоге убить растение. Имеются фунгициды, которые могут контролировать тяжесть инфекции, но должны применяться в определенные периоды жизненного цикла растения (то есть в начале и в середине цветения) для достижения наилучшего эффекта. Часто в этом промежутке времени требуется несколько применений.

ii) Альтернариоз - это грибковое заболевание Brassicas, которое поражает растения на всех стадиях роста от ранней рассады до созревания, хотя зрелые растения более восприимчивы. Наибольшее экономическое влияние отмечается на урожай и качество зерна. Применение листового фунгицида на поздней стадии цветения является эффективным способом смягчения более пагубных последствий заболевания для урожайности и качества зерна.

iii) Черная ножка, грибковое заболевание масличных культур Brassica, заражает растения на всех стадиях, но инфекции на ранней стадии имеют самые серьезные последствия, часто заканчивающиеся у растений некротическими поражениями на нижних стеблях, которые могут фактически разъединять растения у основания. Фунгициды эффективны лишь частично, обладая незначительным защитным эффектом при применении на ранней стадии роста растений.

iv) Кила - это почвенный грибок, поражающий корни масличных культур Brassica. Споры могут долго сохраняться в почве, и в настоящее время нет эффективного фунгицидного лечения. Контроль может

потребовать использования севооборотов, которые ограничивают частоту посадки горчицы.

і) Инсектициды - это третья группа пестицидных соединений, предназначенная для уменьшения или устранения потери урожая из-за вредных насекомых. Как гербициды и фунгициды, инсектициды классифицируются в соответствии с их способом действия и биохимическими путями, на которые они нацелены. Одна классификационная схема (IRAC MoA), предложенная Комитетом действий по устойчивости к инсектицидам (IRAC; <http://www.irac-online.org>), перечисляет 29 классов инсектицидов, сгруппированных по общим биохимическим процессам и путям, на которые нацелены инсектицидные соединения. Как и для гербицидов и фунгицидов, на функцию и устойчивость инсектицидов могут также влиять их места действия, то есть то, являются ли они активными только на поверхности растений при применении, или действуют как системные агенты. Дальнейшая дифференциация между некоторыми группами инсектицидов может быть очевидной на основании того, проявляют ли они селективность в отношении определенных типов насекомых, из-за отличительных аспектов биологии этих насекомых. Учитывая, что некоторые насекомые выполняют полезную роль, такую как борьба с вредителями растений, выполнение функции опылителей растений и улучшение отношения содержания питательных веществ в почве, важно, чтобы инсектициды не применялись без разбора, а использовались таким образом, чтобы максимально ограничить их действие необходимыми целевыми видами. Таким образом, все условия, такие как время применения, количество и способ применения, а также ограничения в отношении типов используемых инсектицидов и культур, для которых они могут быть использованы, включены в зарегистрированные критерии использования инсектицидов в качестве средства обеспечения их безопасности и эффективности. Ниже перечислены примеры видов насекомых, которые могут оказать значительное негативное экономическое влияние на урожайность и качество зерна Brassica и горчичных масличных культур:

ј) Крестоцветная блошка - очень распространенный вредитель масличных культур Brassica и горчичных культур, питающийся как листьями, так и стеблями. Когда блошка присутствует на ранних стадиях развития сельскохозяйственных культур, это может привести к сильному истончению растительного покрова, что в конечном итоге окажет значительное влияние на урожайность зерна. Существуют инсектицидные средства, которые можно применять в виде листового спрея, которые эффективны для борьбы с ранними стадиями заражения.

к) Взрослая капустная моль откладывает яйца на поверхности листьев масличных культур Brassica и горчицы, а при вылуплении полученная личинка атакует листья и стебли сельскохозяйственных культур. Личинка из яиц, вылупившаяся на более поздних стадиях, также питается семенными коробочками. Наиболее сильные заражения - это те, которые начинаются на ранних стадиях роста растений, так как жизненный цикл моли может обеспечивать до четырех поколений в течение типичного сезона выращивания масличных культур Brassica, что приводит к постоянно увеличивающимся циклам повреждения урожая. В таких случаях обработка инсектицидом наиболее эффективна при применении на ранних стадиях сезона, когда впервые наблюдаются личинки.

л) Как взрослый семенной скрытнохоботник, так и его личинки могут наносить значительный ущерб масличным культурам Brassica, в основном, путем нарушения цветения и развития семенных коробочек. Взрослые особи питаются цветочными почками, сильно ослабляя их и делая их более восприимчивыми к повреждениям и потерям, вызванным нагреванием. Взрослые особи откладывают яйца в семенные коробочки, а личинка питается развивающимися семенами. Когда личинки достигают зрелого возраста, они выходят из стручка и продолжают питаться семенами через стенку стручка. Применение инсектицидов на ранней стадии цветения необходимо для контроля первичного заражения, чтобы остановить прогрессирование до вторичного заражения.

м) Обработка семян. Зачастую специфические фунгициды и инсектициды могут быть приготовлены с химическими агентами и связующими веществами для формирования композиции, которую можно наносить на поверхность семян. Эта обработка семян образует стабильное покрытие на поверхности семян. Полученное обработанное семя может быть затем упаковано и продано фермеру. Когда семена впоследствии сажают, фунгицид и инсектицид будут присутствовать в оптимальной дозе, чтобы дать возможность развивающемуся растению противостоять раннему сезонному заражению насекомыми и грибами, когда растение является наиболее уязвимым, и позволить ростку формировать более энергичный стебель. Преимущества включают повышение потенциальной урожайности и снижение потребности в опрыскивании в начале сезона.

Интенсивность выбросов - это средний уровень выбросов данного загрязнителя из данного источника относительно интенсивности конкретной деятельности. В качестве конкретного примера углеродоемкость - это количество углерода (часто выражается в граммах CO₂), выделяющегося при производстве энергии (в мегаджоулях).

Парование относится к сельскохозяйственной практике, когда на сельскохозяйственных угодьях остаются земле без посевов или растительности в течение одного или нескольких вегетационных периодов после периода, когда землю интенсивно обрабатывают. Целью парования является повышение вероятности получения более высокой урожайности в следующем сезоне. Сезон парования дает фермеру возможность решать проблемы сорняков на полях. Сорняки могут расти на полях под паром, а затем могут быть

уничтожены либо физическими средствами, либо обработкой гербицидами. Это может повторяться несколько раз в течение одного сезона парования, и таким образом, истощение банка семян сорняков может быть достигнуто более эффективно, чем при использовании мер, проводимых до посадки, при выращивании и после сбора урожая. Периоды парования могут также принести пользу почве, позволяя ей накапливать влагу, чтобы заменить то, что было истощено предшествующей культурой. Во время парования органический материал из растительных остатков и корней предшествующих культур может быть более тщательно разрушен, что приносит почве еще большую пользу за счет улучшения ее структуры и содержания питательных веществ. Периоды парования также позволяют почвенному микробиому и другим почвенным организмам пополнять их численность, в то время как перерыв в растениеводстве может также привести к истощению определенных патогенов растений, которые используют виды сельскохозяйственных культур в качестве хозяина. Специалистам в данной области техники понятно, что периоды парования, встроенные в севооборот, могут принести значительную пользу здоровью и урожайности последующих и будущих сельскохозяйственных культур, но также понятно, что в период парования поле под паром не дает фермеру возможность для экономической отдачи от товарных культур. В отличие от этого, выращивание *Brassica carinata* в качестве покровной культуры вместо парования может обеспечить многие из преимуществ почвы и севооборота, описанных выше, но с дополнительными преимуществами предоставления фермеру возможности значительной экономической отдачи от сбора ценного зерна масличных культур. Выращивание *Brassica carinata* в качестве покровной культуры вместо парования также приносит пользу окружающей среде, предоставляя сырье для производства биотоплива с низкой углеродоемкостью, а также предоставляя возможность компенсировать выбросы ПГ в течение жизненного цикла за счет фиксации и передачи значительных количеств углерода в почву.

Термин "сырье", используемый в настоящем документе, относится к маслам, полученным в результате дробления семян масличных культур и подвергнутым поверхностной очистке, чтобы сделать их подходящим и достаточным первичным сырьем для производства биотоплива с помощью указанных способов.

Удобрения (неорганические удобрения, химические удобрения, минеральные удобрения) представляют собой производимые питательные вещества, добавляемые в почву фермером/производителем для дополнения существующих питательных веществ на основе почвы с целью оптимизации роста, урожайности и производительности выращиваемых растений и сельскохозяйственных культур. Азот (N), фосфор (P) и калий (K) являются основными элементными макроэлементами удобрений.

Химические компоненты, обычно используемые в качестве химических удобрений, включают, без ограничения, следующее.

Азотные удобрения: аммиак (NH_3), нитрат натрия (NaNO_3), нитрат аммония (NH_4NO_3), нитрат кальция-аммония ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2\text{NH}_4\text{NO}_3$), фосфат моноаммония или МАФ ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$), фосфат диаммония или ДАФ ($(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$) и мочевины ($\text{CO}(\text{NH}_2)_2$).

Фосфорные удобрения: пятиокись фосфора (P_2O_5), суперфосфат или ОСФ (монокальцийфосфат или $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$), фосфориты, МАФ и ДАФ.

Калийные удобрения: калий, оксид калия (K_2O), хлорид калия (KCl), нитрат калия (KNO_3), сульфат калия (K_2SO_4), фосфат калия (KH_2PO_4) и фосфат калия (K_2HPO_4).

В то время как химические формы N, P и K в удобрениях могут различаться, для того, чтобы можно было сравнивать удобрения, содержащие разные формы трех элементов, пропорции стандартизированы следующим образом: содержание азота выражают в элементарном азоте, содержание фосфора выражают в эквиваленте P_2O_5 , а содержание калия выражают в эквиваленте K_2O . Коэффициенты пересчета позволяют преобразовать массы различных минеральных форм в соответствующую стандартную массу. Тестирование почвы на наличие существовавших ранее питательных веществ перед посевом является наиболее надежным способом определения оптимальных уровней внесения удобрений. Чрезмерное внесение удобрений в уровнях, превышающих необходимые в зависимости от потребностей сельскохозяйственных культур и содержания питательных веществ в почве, не рекомендуется по нескольким причинам. Зачастую дополнительные расходы, связанные с внесением избыточного количества удобрений, не приводят к увеличению урожайности для покрытия расходов. Кроме того, избыток питательных веществ может оказывать вредное влияние на рост урожая. Например, избыточный азот после стеблевания масличных культур *Brassica* может привести к чрезмерному росту листвы за счет цветения и питания семян. Кроме того, избыток азотных удобрений может высвобождаться из почвы либо в виде материала, выщелачиваемого в грунтовых водах, а затем в водоемы, либо путем прямого испарения. Этот выщелоченный и/или испаренный материал может быть преобразован посредством косвенного процесса в N_2O (см. ниже) и, таким образом, способствовать выбросам ПГ. Избыток азотных и фосфатных удобрений, вымываемых из почвы в грунтовые воды, может проникать в водоемы с пресной водой (озера и реки) и достигать уровней, достаточных или вызывающих эвтрофикацию и дезоксигенацию, что приводит к повреждению водной среды.

Термин "зерно" в отношении *Brassica carinata* относится к семенам, собранным в зрелом возрасте и поставляемым в качестве источника масляных и мучных продуктов.

Парниковые газы (ПГ) являются подмножеством газообразных побочных продуктов, выбрасывае-

мых из антропогенных источников, таких как от сжигания углеводородного топлива или выделения летучих компонентов углеводородсодержащих продуктов, которые повышают глобальное потепление, способствуя улавливанию атмосферой лучистой солнечной энергии. Основными парниковыми газами являются CO_2 (диоксид углерода), CH_4 (метан), N_2O (закись азота) и ХФУ (хлорфторуглероды). Выбросы ХФУ, класса соединений, используемых в аэрозольных пропеллентах и хладагентах, как правило, являются результатом их прямого высвобождения. Выброс N_2O может происходить при сжигании углеводородного топлива, а также при выделении из внесенного удобрения. Наиболее важными ПГ являются CO_2 , CH_4 и N_2O . ПГ ранжируются с точки зрения их потенциала глобального потепления (ПГП) или способности стимулировать глобальное потепление на основе концентрации. Если сравнивать с точки зрения их относительного вклада в глобальное потепление (потенциал глобального потепления) в расчете на массу, N_2O в 265 раз сильнее, чем CO_2 , а CH_4 в 28 раз сильнее, чем CO_2 (значения взяты из Пятого оценочного доклада МГЭИК: МГЭИК, 2014 год: изменение климата 2014 год: сводный доклад. Вклад рабочих групп I, II и III в Пятый доклад об оценке Межправительственной группы экспертов по изменению климата (Основная группа по написанию, R.K. Pachauri and L.A. Meyer (eds.)). МГЭИК, Женева, Швейцария, 151 стр.) Исходя из вышеупомянутых относительных мощностей, выбросы ПГ часто выражают в виде выбросов в эквиваленте CO_2 (объединяя и нормализуя эффекты трех парниковых газов, выделяющихся в процессе производства энергии, относительно CO_2). Выбросы ПГ и их влияние на глобальное потепление обычно связаны с сжиганием ископаемого топлива, но ПГ могут также выделяться при сжигании топлива на основе биомассы. В последнем случае выброс парниковых газов компенсируется CO_2 , который усваивается растениями и сельскохозяйственными культурами посредством фотосинтеза.

Термин "урожай" или "сбор урожая", используемый в настоящем документе, относится к сбору части растения, которая достаточно созрела в течение вегетационного периода и имеет ценность в качестве источника пищи, корма, клетчатки, сырья, структурного материала или в качестве побегов растения как такового. Урожай абиссинской горчицы собирают, например, механическим способом, в идеале, когда достигается зрелость семян (семена, стручки и стебли меняют цвет от зеленого на желтый, влажность семян составляет 9,5% или менее). Абиссинская горчица может быть собрана путем прямого скашивания или, если необходимо, может быть обработана на ранней стадии, высушена естественным путем или с помощью влагопоглотителя, затем высушенная полоса может быть собрана комбайном. Канолу, которая имеет более высокую склонность склоняться ("полегать") в зрелом состоянии, часто "валкуют" перед комбайнированием. Под валкованием подразумевается срезание канолы около основания растения и оставление растения в горизонтальном положении на поле в течение нескольких дней, чтобы зерно достигло необходимой сухости. После высыхания валок собирают путем комбайнирования. Другой вариант называется "выталкиванием", который аналогичен валкованию, за исключением того, что растение физически выталкивают на бок и ему дают высохнуть в течение нескольких дней перед уборкой комбайном. Для всех этих изменений в уборке урожая, общей заключительной стадией является уборка комбайном. Тем не менее, поскольку у абиссинской горчицы гораздо более прочный стебель, чем у канолы, предпочтительным способом сбора абиссинской горчицы является прямое комбайнирование в зрелом состоянии, а не валкование или выталкивание с последующим комбайнированием. Прямое комбайнирование позволяет собирать урожай за один проход по рядам в поле. В результате однопроходной уборки образуется меньше CO_2 , чем при уборке, где в дополнение к комбайнированию производится валкование или выталкивание, из-за сокращения расхода топлива.

Уборочный индекс (Нау, 1995) относится к показателю соотношения между массой зерна, собранного с растения в зрелом возрасте, и массой оставшегося надземного растительного материала, который может включать стебли и ветви, оставшиеся связанные листья и пустые семенные коробочки (мякину).

Изменение землепользования (LUC). Термин "изменение землепользования", используемый в контексте наук об окружающей среде, относится к изменениям в использовании земли, которые приводят к значительным изменениям в накопленном углероде и сопутствующим изменениям в уровнях CO_2 в атмосфере и других выбросов парниковых газов. Примеры, когда LUC приводит к увеличению выбросов CO_2 и ПГ, включают расчистку леса для увеличения пахотных земель, доступных для сельскохозяйственного производства, и расчистку пастбищ для увеличения пахотных земель для сельскохозяйственного производства. Примеры LUC, приводящие к снижению атмосферных уровней CO_2 и ПГ, включают возвращение ранее обработанных земель в их естественное состояние.

Методы управления земельными ресурсами. Для целей настоящего изобретения термин "методы управления земельными ресурсами" относится для данного землепользования к тем практикам или изменениям в этих методах, которые влияют на уровень углерода, питательных веществ и воды в почве, а также могут изменять уровни атмосферного CO_2 и других ПГ. Они могут включать: виды вспашки и обработки растительных остатков, типы и количество используемых удобрений (или других ресурсов) и использование конкретных севооборотов или сезонов парования. Типы землепользования и использования ресурсов приведены в табл. 3 документа ЕС, озаглавленного "Решение комиссии от 10 июня 2010 г. о руководящих принципах для расчета земельных углеродных запасов для целей Приложения V к Директиве 2009/28/ЕС", включая:

- i) глубокую вспашку: значительное нарушение почвы при полном взрыхлении и/или частые (в те-

чение года) операции вспашки. Во время посадки небольшое количество (например, <30%) поверхности покрыто остатками;

ii) уменьшенную вспашку: первичная и/или вторичная вспашка, но с уменьшенным нарушением почвы (обычно неглубокая и без полного взрыхления почвы) и обычно оставляет поверхность с > 30% покрытием остатками при посадке;

iii) нулевую вспашку (или без вспашки): прямой посев без основной обработки, с минимальным нарушением почвы в зоне высева. Для борьбы с сорняками обычно используют гербициды;

iv) неглубокую вспашку (или неглубокую обработку почвы): Низкий возврат остатков происходит, когда он обусловлен удалением остатков (посредством сбора или сжигания), частым парованием без растительности, производством сельскохозяйственных культур с низким содержанием остатков (например, овощей, табака, хлопка), без минерального удобрения или азотфиксирующей культуры;

v) среднюю вспашку (или среднюю обработку почвы): является примером ежегодного посева зерновых культур, когда все растительные остатки возвращают на поле. Если остатки удалены, то добавляю дополнительное органическое вещество (например, навоз). Также требует минерального удобрения или азотфиксирующих культур в севообороте;

vi) высокий уровень обработки с навозом: значительно более высокий уровень поступления углерода по сравнению с системами посева со средним уровнем введения углерода благодаря дополнительной практике регулярного добавления навоза животных; и

vii) высокий уровень обработки без навоза: представляет значительно больший вклад остатков сельскохозяйственных культур по сравнению с системами посева со средним уровнем введения углерода благодаря дополнительным методам, таким как производство культур с высоким уровнем остаточного урожая, использование зеленых удобрений, покровных культур, улучшение парования с растительностью, ирригация, частое использование многолетних трав в ежегодных севооборотах, но без внесения навоза (см. строку выше).

Бобы (или бобовые культуры) представляют собой растения семейства Fabaceae (или Leguminosae), которые выращивают главным образом для их семян; высушенные формы упоминаются как бобы. Бобовые также выращиваются в качестве корма. Важной характеристикой бобовых культур являются их корни, которые имеют уникально развитые структуры, известные как корневые клубеньки, которые могут быть заселены симбиотическими ризобактериями, фиксирующими азот. Эти симбиотические бактерии дают бобам способность связывать атмосферный азот в виде аммиака, который впоследствии используется растением для биосинтеза аминокислот и белков. Когда растение умирает, азот, хранящийся в виде белка, возвращается в почву и в конечном итоге превращается в NO_3 , который затем становится доступным для других растений.

Оценка жизненного цикла (LCA) - это "систематический набор процедур для составления и изучения входов и выходов материалов и энергии и связанных с ними воздействий на окружающую среду, непосредственно обусловленных функционированием продукта или системы услуг на протяжении всего их жизненного цикла" (ISO 14040.2 Проект: Оценка жизненного цикла - Принципы и руководящие указания). "LCA - это метод оценки потенциальных экологических аспектов и потенциальных аспектов, связанных с продуктом (или услугой), путем составления перечня соответствующих входов и выходов, оценки потенциального воздействия на окружающую среду, связанного с этими входами и выходами, и интерпретации результатов инвентаризации и фаз воздействия по отношению к целям исследования" (проект ISO 14040.2: Оценка жизненного цикла - Принципы и руководящие указания).

Аспекты LCA включают следующее.

Функциональную единицу, которая определяет и разграничивает то, что изучают, соответствующие этапы процесса, определяет соответствующие входы и выходы и обеспечивает основу для сравнения альтернативных видов топлива, процессов производства топлива или сырья.

Системные границы, которые определяют, какой процесс (процессы) должен быть включен в анализ конкретной системы: для транспортного топлива чаще всего используемая системная граница называется полным циклом производства топлива и включает все этапы от добычи сырья, его обработки, транспортировки, хранения, распределительной сети до окончательного сгорания в двигателе транспортного средства. Вариант полного цикла производства топлива - "от скважины к резервуару", который включает все ступени системы производства топлива, за исключением сгорания топлива в двигателе транспортного средства.

Методы распределения, которые используются для разделения выбросов процесса, когда один или несколько побочных продуктов, наряду с основным продуктом, производятся во время процесса. Конкретным примером этого является распределение, которое происходит при анализе биотоплива, полученного из масличных культур, "от скважины к резервуару" до того момента, когда масло извлекают из масличных семян. В используемой здесь модели BioGrase учитывается тот факт, что измельчение семян масличных культур дает не только масло (сырье для биотоплива), но также побочный мучной продукт, богатый белком. Перед переработкой семян масличных культур в отдельные фракции муки и масла ко всем технологическим выбросам применяют коэффициент распределения, который отражает долю энергии, связанной с масляной частью семян масличных культур, на основе LHV масла (низшей теплотвор-

ной способности). После разделения масляной и мучной фракций все потребление энергии и выбросы относятся к маслу, в то время как мука больше не вносит вклада.

Биотопливо с низкой углеродоемкостью или биотопливо с низким значением СИ, как используется в данном документе, представляет собой биотопливо, производство которого приводит к более низкой углеродоемкости, чем у соответствующего топлива на нефтяной основе в соответствии с одним или несколькими правилами использования возобновляемого топлива. Например, используя значения, указанные в табл. 1 из DeJong et al., биотопливо с низким значением СИ будет иметь значение СИ менее 83,8 г CO₂-экв./МДж в соответствии со стандартом EU-RED, а биодизельное топливо с низким значением СИ будет иметь значение СИ меньше, чем 91,8 г CO₂-экв./МДж в соответствии с требованиями RFS США.

Биотопливо с низким образованием ПГ, как используется в данном документе, представляет собой биотопливо, производство которого приводит к более низким выбросам ПГ, чем производство соответствующего топлива на нефтяной основе, как определено с использованием одной или нескольких моделей LCA, в соответствии с одним или несколькими правилами использования возобновляемого топлива.

Макроэлементы, используемые в настоящем изобретении, относятся к азоту (N), фосфору (P), калию (K) и сере (S). Азот как основной компонент аминокислот, белков и хлорофилла, способствует прежде всего росту листьев и облиственности. Фосфор, содержащийся в ДНК/РНК-полимерах, нуклеозидных предшественниках и коферментах, мембранных фосфолипидах и т.д., необходим для образования корней и цветков, а также для развития и созревания семян и плодов. Калий является важным регулятором движения воды, тургора, цветения и плодоношения.

Навоз, как используется в настоящем изобретении, относится к органическому веществу, в основном полученному из фекалий животных, которое можно использовать в качестве органического удобрения в сельском хозяйстве. Навоз вносит вклад в плодородие почвы, добавляя органические вещества и питательные вещества, такие как азот, которые используются бактериями, грибами и другими организмами в почве. Большая часть животного навоза состоит из фекалий. Распространенной формой навоза животных является стойловый навоз (FYM), который также может содержать растительный материал (часто солому), который использовался в качестве подстилки для животных и впитывал кал и мочу. Навоз от разных животных обладает разными качествами и требует разных норм внесения при использовании в качестве удобрения. Например, овечий навоз имеет высокое содержание азота и калия, навоз крупного рогатого скота является хорошим источником азота, а также органического углерода. Куриный помет имеет концентрированное содержание как азота, так и фосфата.

Зрелость определяется как стадия, на которой заполнение семенных коробочек завершается, коробочки и семена теряют всю зеленую окраску, и влажность семян составляет менее 9%. В этот момент большинство листьев, если не все листья, опадают, стебли и стволы становятся желтыми, и растение считается мертвым.

Микроэлементы: в дополнение к основным макроэлементам (N, P и K), меньшее количество вторичных макроэлементов, включая кальций (Ca), магний (Mg) и серу (S), и следовые количества микроэлементов (таких как бор, медь, железо, марганец, цинк) также могут способствовать оптимальному росту и урожайности растений.

Выбросы N₂O: обрабатываемые сельскохозяйственные почвы могут выделять закись азота (N₂O), мощный парниковый газ, в 265 раз более активный, чем CO₂. Закись азота может высвобождаться прямо или косвенно. Прямые выбросы закиси азота могут возникать в результате нитрификации и денитрификации почвенного азота микроорганизмами. Азот почвы может возникать в результате применения синтетических азотных удобрений (на основе мочевины, аммиака или нитратов), внесения органических удобрений (мульчи, навоза), природных отходов животных или птицы (навоза/мочи), разложения растительных/сельскохозяйственных остатков, продолжающейся минерализации/деминерализации органических веществ в почве. Непрямые выбросы закиси азота возникают в результате многоступенчатого процесса. Первый этап включает выброс в атмосферу газов на основе аммиака или нитрата/нитрита (NO_x). Эти выбросы могут возникать из ряда источников: прямое улетучивание азотсодержащих соединений, находящихся в синтетических удобрениях, органических удобрениях или отходах животных; сжигание растительных отходов/растительных остатков; и сжигание топлива для сельскохозяйственной техники. Второй этап включает осаждение этих атмосферных азотных соединений (аммония, NO_x) через осадки, например, на поверхности почвы или водоемов, а последний этап включает последующее преобразование посредством денитрификации/нитрификации до N₂O и выброс в атмосферу. Вторичный источник аммония и NO_x для косвенного выброса закиси азота включает выщелачивание азотных удобрений, органических удобрений или отходов животноводства из почвы в уровень грунтовых вод, а затем в водоемы, после чего они могут быть преобразованы путем денитрификации/нитрификации в N₂O. Формулы для расчета прямых и косвенных выбросов N₂O из сельскохозяйственных земель, основанные на массовых количествах синтетических удобрений, органических удобрений, надземной и подземной биомассы при сборе урожая, использовании сельскохозяйственного топлива, а также степени насыщения почвы в течение вегетационного периода предоставляются моделью BioGrace (и основаны на описанных в МГЭИК 2006, 2006, Руководящих принципах МГЭИК для национальных кадастров парниковых газов, подготовленных Национальной программой кадастров парниковых газов, Eggleston HS, Buendia L., Miwa K.,

Ngara T. и Tanabe K. (eds). Опубликовано: IGES, Япония.)

Семенные коробочки представляют собой специализированные структуры, которые содержат семена во время их развития и созревания в зерно. Семенные коробочки служат защитой семян от внешней среды и обеспечивают энергию и питательные вещества для развития семян. Когда семена достигают полной зрелости, семенная коробочка становится сухой и ломкой, и, потеряв весь хлорофилл, приобретает желтую окраску. В это же время семенная коробочка становится подверженной растрескиванию, физическому раскрытию структуры, что позволяет высвобождать зрелое семя (зерно).

Последовательное производство культур представляет собой практику выращивания двух или более культур последовательно на одном и том же участке земли в сельскохозяйственный год и позволяет фермерам расширять использование земли в сезон, то есть в зимнее время, когда сельскохозяйственные культуры обычно не возделываются. Это позволяет фермеру получать дополнительный доход. Последовательное производство сельскохозяйственных культур не влечет за собой изменений в землепользовании, поскольку земля уже очищена и используется для сельскохозяйственного производства. Кроме того, использование покровной культуры, такой как *Brassica carinata*, в качестве последовательной культуры позволяет фермеру получать выгоды от почвы в период парования и получать доход от продажи зерна абиссинской горчицы.

Почва состоит из минералов, органических веществ, газов, жидкостей и различных животных и растительных организмов. Почва образуется с течением времени благодаря взаимодействию климатических, геологических, гидрологических и атмосферных факторов на минералы, составляющие земную кору. При наличии достаточного времени в почве образуются слои или горизонты, которые различаются по структуре и составу, что определяется относительными пропорциями песка, ила и глины.

Почвенный углерод: Почва содержит органические и неорганические (минеральные) формы углерода. Фракция органического углерода может состоять из мертвого и разлагающегося вещества или содержать живые растения, насекомых, грибы или микробные вещества. Стандартное значение запаса органического углерода в почве (SOC_{ST}) может быть оценено на основе известного содержания углерода в эталонном типе почвы региона, модифицированного воздействием климата региона (на основе схемы классификации климата, описанной ранее). В приведенной ниже табл. 3, адаптированной из табл. 1 документа ЕС, озаглавленного "Решение комиссии от 10 июня 2010 года о руководящих принципах для расчета земельных углеродных запасов для целей Приложения V к Директиве 2009/28/ЕС", обобщены оценочные значения SOC_{ST} (в тоннах углерода на гектар в слое почвы на глубине 0-0,3 м) для классов верхнего слоя почвы в данном климатическом регионе.

Таблица 3

Значения SOC_{ST} верхнего слоя почвы для минеральных типов почв
в определенных климатических зонах

Тип климата	Содержание органического углерода в почве для различных типов почв (Т/га)			
	Глинистая почва с высокой активностью	Глинистая почва с низкой активностью	Песчаные почвы	Солонцеватые почвы
Умеренный холодный сухой	50	33	14	-
Умеренный холодный влажный	95	85	71	115
Умеренный теплый сухой	38	24	19	-
Умеренный теплый влажный	88	63	34	-
Тропический сухой	38	35	31	-
Тропический влажный	65	47	39	-

Значение почвенного органического углерода (SOC) с учетом таких факторов, как землепользование, землеустройство и сельскохозяйственные ресурсы, можно затем рассчитать для обрабатываемой земли ($SOC = SOC_{ST} \times F_{LU} \times F_{MG} \times F_I$, где SOC = почвенный органический углерод, измеренный как масса углерода на гектар; SOC_{ST} = стандартный почвенный органический углерод в верхнем слое почвы толщиной 0-30 см, измеренный как масса углерода на гектар и определенный, как описано выше, F_{LU} = коэффициент землепользования, отражающий разницу в почвенном органическом углероде, связанную с типом землепользования, по сравнению со стандартным почвенным органическим углеродом; F_{MG} = коэффициент управления, отражающий разницу в почвенном органическом углероде, связанную с принципом практики управления, по сравнению со стандартным почвенным органическим углеродом; F_I = коэффициент затрат, отражает разницу в почвенном органическом углероде, связанную с различными уровнями поступления углерода в почву, по сравнению со стандартным почвенным органическим углеродом. Табл. 4, адаптированная из табл. 2 документа ЕС, озаглавленного: COMMISSION DECISION от 10 июня 2010 по руководящим принципам для расчета земельных углеродных запасов для целей Прило-

жения V к Директиве 2009/28/ЕС, предоставляет значения для F_{LU} , F_{MG} , F_I для культур, выращиваемых в различных климатических зонах при определенных видах землепользования, практиках землеустройства и уровнях затрат ресурсов.

Таблица 4

Значения для F_{LU} , F_{MG} и F_I						
Климатическая зона	Земле- пользование	Управление землей	Затраты по землепользованию	F_{LU}	F_{MG}	F_I
Умеренный холодный/теплый сухой	Культиви- рование	Глубокая вспашка	Низкие	0,80	1,00	0,95
			Средние	0,80	1,00	1,00
			Высокие, с навозом	0,80	1,00	1,37
			Высокие, без навоза	0,80	1,00	1,04
		Средняя вспашка	Низкие	0,80	1,02	0,95
			Средние	0,80	1,02	1,00
			Высокие, с навозом	0,80	1,02	1,37
			Высокие, без навоза	0,80	1,02	1,04
		Без вспашки	Низкие	0,80	1,10	0,95
			Средние	0,80	1,10	1,00
			Высокие, с навозом	0,80	1,10	1,37
			Высокие, без навоза	0,80	1,10	1,04
Умеренный холодный/теплый влажный	Культиви- рование	Глубокая вспашка	Низкие	0,69	1,00	0,92
			Средние	0,69	1,00	1,00
			Высокие, с навозом	0,69	1,00	1,44
			Высокие, без навоза	0,69	1,00	1,11
		Средняя вспашка	Низкие	0,69	1,02	0,92
			Средние	0,69	1,02	1,00
			Высокие, с навозом	0,69	1,02	1,44
			Высокие, без навоза	0,69	1,02	1,11
		Без вспашки	Низкие	0,69	1,10	0,92
			Средние	0,69	1,10	1,00
			Высокие, с навозом	0,69	1,10	1,44
			Высокие, без навоза	0,69	1,10	1,11
Тропический сухой	Культиви- рование	Глубокая вспашка	Низкие	0,58	1,00	0,95
			Средние	0,58	1,00	1,00
			Высокие, с навозом	0,58	1,00	1,37
			Высокие, без навоза	0,58	1,00	1,04
		Средняя вспашка	Низкие	0,58	1,02	0,95
			Средние	0,58	1,02	1,00
			Высокие, с навозом	0,58	1,02	1,37
			Высокие, без навоза	0,58	1,02	1,04
		Без вспашки	Низкие	0,58	1,10	0,95
			Средние	0,58	1,10	1,00
			Высокие, с навозом	0,58	1,10	1,37
			Высокие, без навоза	0,58	1,10	1,04
Тропический влажный	Культиви- рование	Глубокая вспашка	Низкие	0,48	1,00	0,92
			Средние	0,48	1,00	1,00
			Высокие, с навозом	0,48	1,00	1,44
			Высокие, без навоза	0,48	1,00	1,11
		Средняя вспашка	Низкие	0,48	1,02	0,92
			Средние	0,48	1,02	1,00
			Высокие, с навозом	0,48	1,02	1,44
			Высокие, без навоза	0,48	1,02	1,11
		Без вспашки	Низкие	0,48	1,10	0,92
			Средние	0,48	1,10	1,00
			Высокие, с навозом	0,48	1,10	1,44
			Высокие, без навоза	0,48	1,10	1,11

Если методы выращивания, методы управления земельными ресурсами или затраты, связанные с конкретной сельскохозяйственной земельной базой, изменились, и необходимо знать последствия изменения (изменений) запасов углерода, то аналогичным образом можно рассчитать значения SOC для эталонного сценария (SOC_R), а также для фактического сценария (SOC_A) и использовать значения для расчета накопления углерода в почве (E_{sca}) по формуле $E_{sca} = -(SOC_R - SOC_A) * 3,664 / 20$ лет, или в тоннах углерода (в виде CO_2 /год в течение периода 20 лет. Если значение E_{sca} является отрицательным, оно представляет собой потерю почвенного углерода, тогда как если оно является положительным, то представляет собой чистое накопление почвенного углерода.

Классификация почв. Почвы классифицируются на основе "Мировой реферативной базы почвенных ресурсов (WRB)", в которой предложено 30 "реферативных почвенных групп". Эти 30 реферативных почвенных групп распределены по 10 "классам", как описано ниже.

Класс № 1 включает все органические почвы. Органические почвы (гистосоли) - это почвы, которые необычайно богаты органическим веществом на различных стадиях разложения, и где скорость разложения затрудняется длительным воздействием низких температур и/или влажных условий. Остальные минеральные почвенные группы распределены по девяти классам на основе их наиболее специфических идентифицирующих факторов, которые являются ключевыми для их формирования и дифференциации.

Класс № 2 включает все типы минеральных почв, которые особенно обусловлены влиянием человека. Этот класс состоит из одной реферативной почвенной группы: антросоли.

Класс № 3 включает минеральные почвы, образование которых обусловлено свойствами их исходного материала. Класс включает три реферативные почвенные группы:

Андосоли вулканического происхождения и из вулканических областей;

ареносоли, которые включают песчаные почвы пустынных районов, пляжей, внутренних песчаных дюн и т.д.; и

вертисоли - тяжелые глинистые почвы, встречающиеся в болотистых областях, речных берегах и бассейнах.

Класс № 4 включает минеральные почвы, на формирование и характеристики которых влияет их топографическая/физиографическая или гидрологическая обстановка. Этот класс состоит из четырех реферативных почвенных групп:

стратифицированные флювисоли, находящиеся в низинах и заболоченных областях;

нестратифицированные глейсоли, обычно находящиеся в заболоченных областях;

лептосоли, неглубокие почвы, находящиеся в возвышенных районах, обычно над скалистыми подпочвами; и

регосоли, более глубокие почвы возвышенных областей, встречающиеся над гравийными подпочвами.

Класс № 5 включает почвы, которые развиты лишь умеренно из-за относительно молодого возраста и, следовательно, являются представителями довольно разнообразной реферативной почвенной группы: камбисоли.

Класс № 6 включает почвы, обусловленные климатом засушливых тропических регионов. Шесть реферативных почвенных групп в этом классе объединяет долгая история растворения и переноса продуктов выветривания, которая привела к образованию глубоких и генетически зрелых почв:

плинтосоли, состоящие из смеси глины и кварца ("плинтита");

ферралсоли с очень низкой катионообменной способностью и отсутствием каких-либо выветривающихся компонентов;

алисоли, богатые алюминием, с высокой катионообменной способностью;

нитисоли, глубокие почвы с красным оттенком, с высоким содержанием железа;

акрисоли - почвы с низкой плодородием, с высоким содержанием глины и с высокими концентрациями алюминия; и

ликсисоли, почвы с низкой плодородием, низкой катионообменной способностью, но высокой насыщенностью основаниями.

Класс №7 включает почвы, обусловленные климатом в засушливых и полусушливых регионах. Пять реферативных почвенных групп собраны в классе №7:

солончаки, с высоким содержанием растворимых солей,

солонец, с высоким процентом адсорбированных ионов натрия,

гипсосоли с горизонтом вторичного обогащения гипсом,

дурисоли со слоем или клубеньками грунтового материала, который цементируется кремнеземом, и

кальцисоли с вторичным карбонатным обогащением.

Класс № 8 включает почвы, которые встречаются в степной зоне между сухим климатом и зоной с умеренным климатом с равномерным увлажнением, и включает три реферативные почвенные группы:

черноземы с глубокими, очень темными поверхностными почвами и карбонатным обогащением в подпочве,

каштаноземы с менее глубокими коричневыми поверхностными почвами и накоплением карбоната и/или гипса на некоторой глубине (эти почвы встречаются в самых сухих частях степной зоны), и

файоземы, темно-красные почвы прерий с высокой насыщенностью основаниями, но без видимых признаков вторичного накопления карбонатов.

Класс № 9 содержит коричневатые и сероватые почвы областей с умеренным климатом с равномерным увлажнением и включает пять реферативных почвенных групп:

кислые подзолы с отбеленным горизонтом элюирования над горизонтом накопления органического вещества с алюминием и/или железом,

планосоли с отбеленным верхним слоем почвы над плотным, медленно проницаемым грунтом,

альбелювисоли с низким содержанием оснований, с обесцвеченным горизонтом элюирования, переходящие в обогащенный глиной подземный горизонт,

богатые основаниями лювисоли с отчетливым горизонтом накопления глины, и

умбрисоли с толстым, темным, кислым поверхностным горизонтом, богатым органическим веществом.

Класс № 10 включает почвы регионов вечной мерзлоты и входит в одну реферативную почвенную группу: криосоли.

В решении комиссии ЕС от 10 июня 2010 года "О руководящих принципах для расчета земельных углеродных запасов для целей Приложения V к Директиве 2009/28/ЕС" (http://eur-lex.europa.eu/legalcontent/EN/TXT/?uri=uriserv%3AOJ.L_.2010.151.01.0019.01.ENG) 30 реферативных почвенных групп были дополнительно сгруппированы по 6 основным категориям почв, включая песчаные (ареносоли), заболоченные почвы (глейсоли), вулканические почвы (андосоли), солонцеватые почвы (подзолы), низкоактивные глинистые почвы (с низкой катионообменной способностью или КОС) и высокоактивные глинистые почвы (с высокой КОС).

Солома определяется как все надземные части растения (исключая зерно), которые собирают в процессе уборки и комбайнирования и затем отделяют от зерна, а позже откладывают обратно на поле.

Стерня представляет собой остаток после уборки урожая, оставленный в поле, который содержит материал ниже точки скашивания комбайном и тот, который не собирают для последующих операций обмолота и провеивания зерна. В моделях обработки почвы с неглубокой вспашкой или без вспашки большая часть стерни или вся стерня остается на поле при проведении посева следующей культуры. Это требует специального посевного оборудования, которое может открыть беспрепятственный путь к почве, обеспечивая хороший контакт семян с почвой в середине стерни. Это особенно важно в ситуациях, когда стерня может быть особенно густой, как, например, в стерне от предшествующего урожая кукурузы.

Сорт относится к ботаническому таксономическому обозначению, согласно которому сорт классифицируется ниже вида или подвида, а также к юридическому определению, согласно которому термин "сорт" относится к коммерческому сорту растения, который защищен в соответствии с терминами, изложенными в Международной конвенции по охране новых сортов растений, международном договоре под управлением UPOV (Союза по охране новых сортов растений). Термин "сорт" (под UPOV) описывает новый, физически отличающийся, однородный и стабильный культивар растения, разработанный селекционером. Последнее определение обеспечивает точные права на защиту и право собственности между странами, подписавшими договор, для селекционера растений на законный "сорт", если выполняются четыре вышеупомянутых критерия.

Подробное описание изобретения

Выбросы углекислого газа из-за агрономической практики и изменений землепользования могут вносить вклад в общую углеродоемкость на пути биотоплива. В настоящем изобретении описывается использование *Brassica carinata* в качестве отдельного сельскохозяйственного сырья для биотоплива, а также приведено перечисление связанных климатических зон и севооборотов, используемых при выращивании, а также связанных с ними агрономических методов для максимального сокращения выбросов углекислого газа во время его повышения, даже до такой степени, чтобы чистый поток углерода во время выращивания и сбора способствовал чистому снижению уровня CO₂ в атмосфере (то есть отрицательной углеродоемкости).

Настоящее изобретение описывает производство *Brassica carinata*, культуры, выращивание которой ранее не было продемонстрировано как полезное для производства исходного сырья, которое можно использовать для производства биотоплива с низкой углеродоемкостью. *Brassica carinata*, благодаря своему уникальному характеру роста и способности противостоять морозу, засухе и жаре, обеспечивает эти преимущества, которые ранее были неизвестны. В этом изобретении, а также в примерах и описании, приведенных здесь, практическая полезность *Brassica carinata* в качестве варианта севооборота в ряде сценариев выращивания во множестве производственных практик была продемонстрирована в качестве рабочих примеров. Приведены примеры, в соответствии с которыми в оптимальных условиях может быть достигнута отрицательная общая углеродоемкость для производства сырьевого масла и муки, которая может компенсировать углеродоемкость, возникающую в процессе производства и распределения биотоплива, и приводит к возврату значительного количества углерода на гектар в год в почву.

У *Brassica carinata* есть уникальная особенность роста среди масличных Brassicaceae, состоящая в продукции зрелого растения, которое более разветвлено, чем другие виды масличных культур *Brassica* (Geschet al., 2015). При сравнении биомассы между существующими коммерческими сортами *Brassica napus* и *Brassica carinata* было обнаружено, что накопление надземной биомассы в 1,8-2 раза выше на единицу площади для сортов *Brassica carinata* по сравнению с современными коммерческими сортами *Brassica napus*. В случае *Brassica carinata* урожаи семян приближаются к урожаям у самых современных сортов рапса типа *Brassica napus*, при этом объем надземной биомассы почти удваивается (Geschet al., 2015).

Глубокая и обширная стержневая корневая система *Brassica carinata* может простираться на 60-90 см ниже поверхности почвы с более чем 50% корневой массы в верхних 30 см (например, см. Seepaulet al., 2016). Стержневые корни могут проникать через уплотненные слои почвы, улучшая структуру почвы в процессе. Они могут поглощать минералы и питательные вещества, которые обычно могут проникать в грунтовые воды, и делать эти питательные вещества доступными для последующих культур в севообороте. Корни также составляют значительную долю общей биомассы растения - примерно 20-25% надземной биомассы растения, измеренной в зрелом состоянии (Ganet al., 2009a), и обеспечивают дополнительное поглощение углерода, который будет возвращен в почву после сбора урожая. Корни не только

представляют собой поглотитель углерода, но также служат каналом, посредством которого углеродсодержащие молекулы могут также выделяться в окружающую среду на границе раздела корень-почва. Высвобождение углерода живыми тканями корня, также известное как ризо-отложение, происходит во время роста и созревания растений и включает три источника отложения углерода в окружающую почву: углерод, происходящий из отделившихся прикорневых клеток; углерод, происходящий из секретируемой слизи; и углерод из небольших молекул, которые "просачиваются" из корневых клеток, причем последние представляют собой важный источник депонированного корнями углерода (Nguyen, 2003). По оценкам углерода, депонированного корнями *Brassica napus*, было получено около 350 кг/га углерода за один вегетационный период (Ganet al., 2009b).

Содержание углерода в *Brassica carinata*, по оценкам, составляет от 45 до 47% от сухой части биомассы (Gasole et al., 2007; Ducaet al., 2015) и, таким образом, представляет собой значительный запас углерода, накопленного как надземными, так и подземными частями в течение вегетационного периода. В состоянии зрелости зерна абиссинской горчицы обычно собирают путем комбайнирования, которое скашивает и собирает надземный растительный материал, состоящий из стеблей и ветвей, где находятся семенные коробочки. Семенные коробочки обмолачивают, и собирают зерна, а весь оставшийся материал, включая уже пустые коробочки, стебли, ветви и черешки (вместе именуемые растительной соломой), возвращают на поле, что вместе с оставшейся стерней растений теперь может потенциально способствовать повышению уровня углерода в почве путем расщепления остатков почвенными бактериями, грибами и плесенью.

Если исследовать пути производства биотоплива на основе сельскохозяйственных культур, большинство возможностей для снижения углеродоемкости заключается в производстве исходного сырья и, в частности, на этапе производства сельскохозяйственных культур. Учитывая, что сельскохозяйственные культуры усваивают больше CO_2 , чем выделяют в течение своего жизненного цикла, можно с некоторой модификацией методов выращивания ввести отрицательную углеродоемкость на этой стадии пути, что приведет к снижению общей углеродоемкости пути.

Имеются значительные возможности для уменьшения выбросов CO_2 и ПГ, возникающих при выращивании, уборке, хранении, доставке и обработке урожая. Например, сокращение затрат, особенно неорганических азотных удобрений, может оказать существенное влияние на выбросы на основе углерода, как за счет сокращения выбросов, связанных с производством удобрений, так и за счет снижения содержания азота в почве, который, если он присутствует в избытке по сравнению с потребностями сельскохозяйственных культур, может выделяться в атмосферу в виде закиси азота, которая в 265 раз активнее CO_2 . Хотя азот является важным питательным веществом для большинства однолетних культур, его применение может быть точно отрегулировано в соответствии с известными требованиями культуры и определением уже существующих уровней азота в почве. Кроме того, однолетние зернобобовые культуры, которые, как известно, фиксируют атмосферный азот в почве, могут использоваться в севооборотах с другими культурами, не фиксирующими азот, для снижения потребности последних в добавлении азотных удобрений.

Эмиссия ПГ также может происходить из-за косвенного изменения в землепользовании (ILUC). ILUC является следствием увеличения потребности в земле для выращивания новых энергетических и кормовых культур, что приводит к вытеснению выращивания продовольственных культур. Чтобы по-прежнему удовлетворять спрос на перемещенную продовольственную культуру, необходимо найти новые земли, чтобы заменить землю, которая в настоящее время используется для производства сырья. Это может включать расчистку леса или пастбищ, что приводит к выбросу большого количества ранее стабильного, фиксированного CO_2 и других ПГ в процессе. Урожай, который может быть успешно выращен на недоиспользуемых, маргинальных пахотных землях, в качестве покровной культуры или в качестве замены паров в севооборотах, будет иметь большое преимущество в качестве энергетических или кормовых культур благодаря снижению потенциала для ILUC.

Севооборот является важным средством снижения выбросов парниковых газов из-за ILUC путем повышения эффективности существующего землепользования и снижения потребности в новых сельскохозяйственных землях. В севообороте также используются благоприятные отношения между дополнительными видами сельскохозяйственных культур для повышения урожайности и продуктивности. Например, следующая культура, которая отличается от предшествующей культуры, может предотвратить долговременное установление или сохранение специфического заболевания и/или эндемического заболевания по отношению к предшествующей культуре (то есть следующая культура служит сидеральной культурой). Следующая культура может также выступать в качестве альтернативы циклу парования и обеспечивать преимущества покровной культуры, т.е. предотвращая эрозию почвы, помогая сберегать влагу и обеспечивая рециркуляцию основных минералов и питательных веществ и улучшая структуру почвы. Некоторые культуры, такие как бобовые, могут фиксировать атмосферный азот в почве и снижать потребность в экзогенно добавленных азотных удобрениях для следующих культур.

Сельскохозяйственные культуры, такие как виды *Brassica*, могут выделять соединения с антимикробными свойствами (то есть глюкозинолаты) в почву, что может привести к защите от патогенов растений для следующей культуры. Глюкозинолаты - это уникальный класс серосодержащих соединений,

синтезируемых Brassicaceae, которые наряду с их катаболитами обладают мощной антимикотической и антимикробной активностью. Синтез глюкозинолатов происходит в ряде компартментов растений, включая, как полагают, корни, а высвобождение глюкозинолатов и их катаболитов в корневых экссудатах, как полагают, вносит вклад в способность масличных культур Brassica обеспечивать эффективное противодействие болезням при включении в севообороты с зерновыми культурами. Таким образом, урожайность культур, выращиваемых в севообороте, часто может превзойти урожайность культур, выращиваемых в качестве монокультуры, а севообороты, включающие покровные культуры, заменяющие зимний пар, являются более продуктивными и устойчивыми, чем те, которые основаны на паровании. Например, в обзорах данных, касающихся выращивания пшеницы в Австралии, Европе и Северной Америке, Angus и его коллеги (Angus et al., 2011, Angus et al., 2015) учат, что культивирование пшеницы после выращивания Brassica napus или Brassica juncea последовательно приводит к увеличению урожайности следующего урожая пшеницы по сравнению с пшеницей после пшеницы.

Специалистам в данной области техники понятно, что ссылки приведены в качестве примера и не предназначены для ограничения объема изобретения.

В одном аспекте предложено средство для получения сырья для производства биотоплива с низкой углеродоемкостью. В частности, изобретение описывает способы использования методов ведения сельского хозяйства, в том числе методов управления земельными ресурсами, для обеспечения исходного сырья для производства биотоплива с низкой углеродоемкостью как следствие выращивания масличной культуры Brassica carinata в последовательности севооборота. Было обнаружено, что указанная последовательность севооборота, которая охватывает периоды времени, когда обычные товарные культуры не выращивают, дает значительные преимущества, когда углеродоемкость и выбросы ПГ, связанные с этим культивированием, оцениваются в соответствии с различными установленными схемами оценки углеродоемкости и ПГ.

Например, выращивание Brassica carinata в зимний период в тропическом и умеренном климате дало неожиданный результат хорошего экономического урожая зерна Brassica carinata. Кроме того, выращивание Brassica carinata на засушливых полях дополнительно обеспечивает неожиданный результат успешного сбора зерна Brassica carinata, которое обеспечивает исходное сырье, пригодное для производства передовых видов биотоплива с низкой углеродоемкостью, таких как гидрированные растительные масла (ГРМ), для производства возобновляемого дизельного и реактивного топлива.

Настоящее изобретение также обеспечивает сельскохозяйственные способы, которые включают стратегии севооборота и методики управления земельными ресурсами для сокращения расходов ископаемого топлива и максимальной фиксации атмосферного углерода во время выращивания, для производства семян Brassica carinata с целью получения исходного сырья, которое можно использовать для производства биотоплива и других продуктов с низкой углеродоемкостью. Эти методы производства и стратегии севооборота ранее не были описаны, а низкая углеродоемкость и низкий профиль ПГ для полученного урожая не были ни очевидными, ни предсказуемыми.

Уникальные характеристики сортов Brassica carinata, описанные в настоящем изобретении, в сочетании с конкретными практиками землеустройства, сезонными сроками севооборота и предшествующими культурами указанного севооборота, позволяют производить сырье для производства биотоплива с низкой углеродоемкостью и других возобновляемых продуктов.

Использование масличных семян Brassica carinata для получения исходного сырья для производства биотоплива с низкой углеродоемкостью также обеспечивает получение растительной муки или источника белка в качестве побочного продукта после экстракции масла. Отмечено, что такое же уменьшение ПГ, связанное с масляным компонентом зерна, также связано с мучной частью или побочным продуктом экстракции масла. Соответственно, настоящее изобретение относится к новой богатой белком кормовой добавке с низким выделением парниковых газов, продукту, который полезен для выращивания домашнего скота более экологически безопасным способом. Следовательно, настоящее изобретение описывает мучной продукт с низким показателем ПГ для использования в качестве кормовой добавки для животных.

В некоторых вариантах осуществления изобретения показано, что Brassica carinata выращивают в тропических и теплых климатических условиях в качестве озимой покровной культуры, чередующейся с летними культурами, такими как бобы, хлопок, арахис или кунжут, где применяли обычную практику выращивания после зимнего пара (Seepaul et al., 2015). Это первый пример того, как масличные семена Brassica обеспечивают постоянный урожай в этой географической зоне при посадке в начале-конце ноября, и это стало возможным благодаря уникальной способности устоявшейся абиссинской горчицы выживать и восстанавливаться после сильных морозов, когда другие семена масличных культур Brassica, таких как канولا, не могли адекватно восстанавливаться (Seepaul et al., 2015). Масличные культуры, такие как соя, весьма восприимчивы к гибели от заморозков (Hume and Jackson, 1981) и поэтому не будут рассматриваться в качестве возможного зимнего покрова в этой среде. Преимущества использования Brassica carinata в качестве озимой растительной культуры в этой среде включают способность сохранять зимнюю влагу и питательные вещества в почве, уменьшать вымывание азота, фосфатов и других остаточных питательных веществ в местные водные пути, и обеспечивать средства для увеличения органического углерода в почве (Newman et al., 2010 (исправленный)). Это вводит новый и жизнеспособный вари-

ант озимой масличной культуры в этот регион, где ранее его не существовало, предлагает преимущества с точки зрения улучшенной структуры почвы и дополнительной влажности для посева культур, посаженных после сбора урожая абиссинской горчицы, и обеспечивает условия для повышения урожайности следующих культур. С точки зрения устойчивости выращивание *Brassica carinata* в качестве зимнего покров не обязательно может вытеснить производство продовольственных культур; поскольку земля ранее была сельскохозяйственной, прямых последствий изменения землепользования не происходит.

В других вариантах осуществления изобретения *Brassica carinata* можно выращивать в полусухих регионах в качестве летней культуры как часть севооборота с летними и озимыми зерновыми культурами (например, с озимой и яровой пшеницей). Точно так же *Brassica carinata* можно выращивать в многолетних севооборотах в комбинации с бобовыми культурами (такими как горох, чечевица, арахис и соя) и зерновыми культурами (такими как кукуруза, пшеница, ячмень, рожь, овес или полба) в районах с высокими летними температурами (средняя температура июля 18-24°C) и ограниченным общим количеством осадков (менее 200-500 мм в год). В южном полушарии культуру можно высевать поздней осенью или ранней зимой во влажную почву. В зонах с более высоким уровнем осадков ее можно высевать уже в начале весны.

Давно показано, что культуры *Brassica* полезны при выращивании в севооборотах с зерновыми культурами, такими как пшеница, важная пищевая культура, пригодная для производства в полусухих регионах из-за более короткого вегетационного периода и устойчивости к экстремальным климатическим условиям. Севообороты с масличными семенами, а также с фуражом от *Brassica*, неизменно демонстрировали положительное влияние на урожайность следующей зерновой культуры благодаря эффекту улучшения структуры почвы и сохранения влаги, а также способности обеспечить разрыв в цикле болезней, которые влияют на производительность зерновых (Angus, et al., 2011). Способность прерывать циклы болезней злаков обусловлена недостаточной восприимчивостью *Brassica* ко многим болезням злаков, но также может быть обусловлена способностью к активному противодействию сохранению патогенных микроорганизмов в почве благодаря биофумигантной активности корневых экссудатов и остатков (Kirkegaard and Sarwar, 1998). *Brassica carinata* также поддается моделям консервации или отсутствия вспашки, которые позволяют дополнительно сохранить влажность почвы, а также уменьшить выброс стабильных отложений органического углерода из нарушенных слоев почвы. Вновь, в полусухой среде применение изобретения позволило бы обеспечить устойчивое производство исходного сырья для биотоплива из непродовольственной культуры либо как часть севооборота, где ее выращивание заменяет парование, либо на маргинальных землях. В любом случае прямое или косвенное изменение землепользования будет минимальным вследствие выращивания абиссинской горчицы в этой среде. Фиксация атмосферного CO₂ в качестве органического углерода в почве еще больше сократит выбросы в течение жизненного цикла ПГ с дополнительным преимуществом обеспечения условий для повышения урожайности пищевых культур, выращиваемых в севообороте.

В других вариантах осуществления изобретения *Brassica carinata* также может быть выращена при посеве весной, с уборкой урожая осенью в северных областях с умеренным климатом как часть севооборота с летними и зимними зерновыми культурами, в результате чего *Brassica carinata* следует за сбором урожая предшествующего озимого злака, заменяя летний пар, а после сбора урожая проводят посев озимых зерновых.

Подходящие зерновые культуры включают пшеницу, ячмень, рожь или овес. Наряду с преимуществами, полученными в результате замены парования, дополнительные преимущества, обусловленные увеличением общей продуктивности и уменьшением прямых и косвенных изменений землепользования, означают, что биотопливо, произведенное из сырья второго поколения (нетопливного) на основе масличных семян, такого как масло абиссинской горчицы, может соответствовать директиве ЕС, которая одобряет сырье второго поколения, допуская двойной учет к обязательным пределам объемов выброса. Большая устойчивость *Brassica carinata* к морозам раннего сезона и ее способность лучше справляться с более высокой температурой и более низкой влажностью во время цветения и посева семян, а также ее устойчивость к полеганию позволяет ей лучше противостоять экстремальным погодным условиям раннего и позднего сезона (Seepaul et al., 2015), что делает ее более надежным вариантом для выращивания масличных культур для производителей в полусухих регионах.

Точно так же *Brassica carinata* можно выращивать в многолетних севооборотах в комбинации с бобовыми культурами (такими как горох, чечевица, арахис и соя) и зерновыми культурами (такими как кукуруза, пшеница, ячмень, рожь, овес или полба) в областях с высокими летними температурами (средняя температура июля 18-24°C) и ограниченным общим количеством осадков (менее 200-500 мм в год). В южном полушарии культуру можно высевать поздней осенью или ранней зимой во влажную почву. В зонах повышенного количества осадков ее можно высевать уже в начале весны.

Таким образом, *Brassica carinata* можно культивировать в ряде климатических условий в севообороте с различными летними или озимыми зерновыми, бобовыми или другими культурами для получения масличных семян, которые дают как масляное сырье для производства биотоплива, так и корм для скота. Сырье, полученное из зерна, составляет практически всю массу семян с небольшим количеством отходов или вообще без них. Значительные растительные остатки, оставшиеся после уборки зерна, возвращаются

в поле и вносят большой вклад в увеличение содержания органического углерода в почве и уменьшение количества углерода, выделяемого в атмосферу в виде CO_2 . Повышенное содержание углерода в почве приводит к улучшению структуры почвы, удержанию влаги и улучшению баланса питательных веществ, что улучшает условия выращивания для последующих культур. Кроме того, при севообороте с другими культурами абиссинская горчица может обеспечить прерывание заражения, повышая продуктивность следующих культур. *Brassica carinata* также можно высевать прямо в стерню, оставшуюся от предшествующих культур. Эта практика, известная как консервационная обработка почвы или сельскохозяйственная практика без вспашки, позволяет сохранить влажность почвы в полувлажных регионах, сохранить структуру почвы и уменьшить выделение ПГ в результате использования топлива во время работы почвообрабатывающего оборудования. В целом, выращивание абиссинской горчицы дает сырье для производства биотоплива, в то же время обеспечивая измеримое сокращение выбросов ПГ (при оценке с помощью различных моделей аудита ПГ) по ряду производственных сценариев и географических регионов.

На основе своего урожая масличных семян *Brassica carinata* не только обеспечивает сырье для производства потенциальной альтернативы ископаемому топливу, но и за счет увеличения производства биомассы может также обеспечить эффективный механизм фиксации и возврата углерода в почву. Почвы также являются потенциальным поглотителем для фиксации углерода и сокращения выбросов в атмосферу. Из всех накоплений углерода в окружающей среде почва уступает по размеру только океанам, и содержит предполагаемое содержание органического углерода более 2,3 ГТ (Jobbagy and Jackson, 2000), что в 4 с лишним раза превышает количество углерода, накопленного во всей растительной биомассе. Более того, из-за таких факторов, как интенсивное земледелие, вырубка лесов, эрозия и т.д., фактические запасы углерода в почве истощены по отношению к их максимальной емкости. Предполагается, что дополнительная емкость для поглощения углерода в почвах может превышать 50-100 ГТ (Lal 2008a, Lal 2008b).

В одном аспекте изобретения *Brassica carinata* сеют в стерню собранного урожая с промежуточным парованием или без него, так чтобы предшествующая культура, которая не являлась *Brassica carinata*, была последней культурой, которая была собрана перед посевом абиссинской горчицы.

В одном варианте осуществления предшествующая культура представляет собой бобовую культуру, которая может включать следующие однолетние культуры: бобы, горох, чечевицу, сою, арахис или люцерну. Бобовые - это полезный выбор культур в севооборотах благодаря их способности фиксировать атмосферный азот, увеличивая содержание азота в почве. Масличные культуры, такие как *Brassica carinata*, отличаются тем, что для получения максимальной урожайности требуется значительное количество азота. В качестве культуры, следующей за бобовыми в севообороте, *Brassica carinata* может использовать накопленный в почве азот, что, в свою очередь, снижает ее потребность в азотсодержащих удобрениях. Хорошо известно, что производство удобрений на основе аммиака с использованием таких методов, как процесс Габера, приводит к значительному выбросу CO_2 , который является основным побочным продуктом реакции. Кроме того, уменьшение количества экзогенно добавленных неорганических азотных удобрений может также снизить выбросы почвой закиси азота, образующейся под воздействием почвенных бактерий и микрофлоры. Закись азота, мощный парниковый газ, один грамм которого эквивалентен 265 г CO_2 , также вносит значительный вклад в общую углеродоемкость для путей биотоплива на растительной основе. В качестве конечной пользы от абиссинской горчицы, следующей за бобовыми в севообороте, остаток, оставшийся после сбора бобовых, имеет консистенцию, которая не влияет на хороший контакт семян абиссинской горчицы с почвой, что приводит к лучшей всхожести и укоренению культуры абиссинской горчицы, а также позволяет использовать и преимущества сельхозпроизводства без вспашки или с неглубокой вспашкой.

Для уменьшения выработки ПГ в результате применения избыточного количества неорганического азотного удобрения в одном варианте осуществления изобретения методы управления земельными ресурсами включают сокращение использования неорганического азотного удобрения по сравнению с рекомендуемым количеством азотного удобрения для *Brassica carinata* для среды выращивания. В некоторых вариантах осуществления способы управления земельными ресурсами включают снижение использования неорганического азотного удобрения до примерно 40-100% от рекомендуемого количества азотного удобрения для *Brassica carinata* в среде выращивания. В некоторых вариантах осуществления способы управления земельными ресурсами включают снижение использования неорганического азотного удобрения до примерно 40-90% от рекомендуемого количества азотного удобрения для *Brassica carinata* в среде выращивания. В других вариантах осуществления способы управления земельными ресурсами включают снижение использования неорганического азотного удобрения до примерно 50-70% от рекомендуемого количества азотного удобрения для *Brassica carinata* в среде выращивания. Такая практика сокращения использования неорганического азотного удобрения была бы полезной, например, когда уровни азота в почве до посадки *Brassica carinata* оказываются высокими, например, когда *Brassica carinata* высаживают после сбора урожая бобовых или после сбора первой культуры, для которой было применено большое количество азотных удобрений.

В одном варианте осуществления изобретения сорт *Brassica carinata* высаживают в стерню собран-

ного урожая с промежуточным парованием или без него в регионах с климатом, классифицированным как тропический дождливый в соответствии с руководящими принципами, установленными Директивой 2009/28/ЕС, так что все месяцы могут быть без заморозков, с температурой выше 18°C в морских районах, и в то время как климат является в основном влажным, 3-5 месяцев зимой могут быть более сухими. В некоторых вариантах осуществления посев *Brassica carinata* осуществляют осенью или зимой для сбора урожая весной или летом. В других вариантах осуществления посев *Brassica carinata* осуществляют весной или летом для сбора урожая осенью или зимой. В некоторых вариантах осуществления сорт *Brassica carinata* выбирают из числа адаптированных к региону сортов, выбранных по одному или нескольким признакам из группы, состоящей из превосходного урожая масла на посевную площадь, более короткого времени созревания, устойчивости к засухе, повышенной устойчивости к болезням или устойчивости к растрескиванию семян.

В другом варианте осуществления изобретения *Brassica carinata* высаживают в стерню собранной культуры с промежуточным парованием или без него в регионах с климатом, классифицированным по теплой температуре и дождливости, как определено в Директиве 2009/28/ЕС, как климат с влажностью от умеренной до высокой в течение всего года, без особенного сухого сезона и с более 8 месяцами с температурой 10°C или выше. В некоторых вариантах осуществления посадку *Brassica carinata* осуществляют осенью или зимой для сбора весной или летом. В других вариантах осуществления посадку *Brassica carinata* осуществляют весной или летом для сбора осенью или зимой. В некоторых вариантах осуществления сорт *Brassica carinata* выбирают из числа адаптированных к региону сортов, выбранных по одному или нескольким признакам из группы, состоящей из превосходного урожая масла на посевную площадь, более короткого времени созревания, устойчивости к засухе, повышенной устойчивости к болезням или устойчивости к растрескиванию семян.

Сценарии севооборота: Настоящее изобретение может быть реализовано в ряде различных климатических зон, в которых *Brassica carinata* при посадке с севооборотом с первой культурой высаживают в стерню собранной первой культуры. Сезон посева и уборки *Brassica carinata* может варьировать в зависимости от географии и практики севооборота в каждом регионе. Как описано выше, севооборот, включающий злаки и масличные семена *Brassica*, такие как *Brassica carinata*, может быть полезен для урожайности и качества зерновых, поскольку масличная культура *Brassica*, которая неспособна к заражению или не может служить в качестве хозяина для патогенов, позволяет обеспечить временный и физический разрыв в цикле болезней, которые влияют на злаки, что не позволяет этим болезням стать устойчивыми. Корни и остатки урожая *Brassica carinata* содержат токсичные вещества, такие как глюкозинолаты, которые также могут активно сдерживать распространение патогенных организмов в почве.

Сценарий А. В одном варианте осуществления настоящего изобретения *Brassica carinata* сеют в стерню собранной культуры с промежуточным парованием или без него в регионах с климатом, классифицированным как тропический влажный, с посадкой *Brassica carinata* осенью или зимой для сбора урожая весной или в начале лета. В некоторых вариантах собранная культурой является бобовой культурой, включая бобы, горох, арахис, чечевицу и сою, но не ограничиваясь ими. В других вариантах собранная культура представляет собой зерновую культуру, включая пшеницу, ячмень, рожь, овес или кукурузу, но не ограничиваясь ими. В других вариантах осуществления собранной культурой является хлопок или кунжут.

Сценарий В. В одном варианте осуществления настоящего изобретения *Brassica carinata* сеют в стерню собранной культуры с промежуточным парованием или без него в регионах с климатом, классифицированным как тропический влажный, где посадку *Brassica carinata* осуществляют весной для сбора урожая летом или осенью. В некоторых вариантах осуществления собранная культура является бобовой культурой, включая горох, чечевицу и сою, но не ограничиваясь ими. В других вариантах осуществления собранная культура представляет собой зерновую культуру, включая пшеницу, ячмень, рожь, овес или кукурузу, но не ограничиваясь ими.

Сценарий С. В одном варианте осуществления настоящего изобретения *Brassica carinata* сеют в стерню собранной культуры с промежуточным парованием или без него в регионах с климатом, который классифицируется как умеренный теплый влажный, в результате чего посадку *Brassica carinata* осуществляют осенью или зимой для сбора урожая весной или летом. В некоторых вариантах осуществления собранная культура является бобовой культурой, включая горох, чечевицу и сою, но не ограничиваясь этим.

Сценарий D. В одном варианте осуществления настоящего изобретения *Brassica carinata* сеют в стерню собранной культуры с промежуточным парованием или без него в регионах с климатом, который классифицируется как умеренный теплый влажный, при этом посадку *Brassica carinata* осуществляют весной или летом для сбора урожая осенью. В некоторых вариантах осуществления собранная культура представляет собой зерновую культуру, включая пшеницу, ячмень, рожь, овес или кукурузу, но не ограничиваясь этим.

Сценарий Е. В одном варианте осуществления настоящего изобретения *Brassica carinata* сеют в стерню собранной зерновой культуры, с промежуточным парованием или без него, в регионах с климатом, который классифицируется как умеренный теплый сухой, при посадке *Brassica carinata* осенью или

зимой для сбора урожая весной или летом. В некоторых вариантах осуществления собранной зерновой культурой является кукуруза. В других вариантах собранной зерновой культурой является пшеница.

Сценарий F. В одном варианте осуществления настоящего изобретения *Brassica carinata* сеют в стерню собранного урожая зерновых с промежуточным парованием или без него в регионах с климатом, который классифицируется как умеренный холодный сухой, при этом *Brassica carinata* сажают весной для сбора урожая летом или осенью. В некоторых вариантах собранной зерновой культурой является кукуруза. В других вариантах собранной зерновой культурой является пшеница.

Сценарий G. В одном варианте осуществления настоящего изобретения *Brassica carinata* сеют в стерню собранной зерновой культуры с промежуточным парованием или без него в регионах с климатом, который классифицируется как умеренный холодный влажный, при этом посадку *Brassica carinata* осуществляют весной для сбора урожая осенью. В некоторых вариантах осуществления собранной зерновой культурой является кукуруза. В других вариантах осуществления собранной зерновой культурой является пшеница.

Сценарий H. В одном варианте осуществления настоящего изобретения *Brassica carinata* сеют в стерню собранной зерновой культуры с промежуточным парованием или без него в регионах с климатом, который классифицируется как тропический сухой, где посадку *Brassica carinata* осуществляют осенью или зимой для сбора урожая весной или летом. В некоторых вариантах осуществления собранной зерновой культурой является кукуруза. В других вариантах осуществления собранной зерновой культурой является пшеница.

В любом из вышеописанных вариантов осуществления и сценариев севооборота поле может быть подвергнуто уменьшенной (средней) вспашке, неглубокой вспашке или не подвергнуто вспашке перед посевом. Как известно специалистам в данной области техники, посев абиссинской горчицы в стерню, в частности, в стерню злаков, при обстоятельствах, при которых применяются методы обработки без вспашки или с неглубокой вспашкой, повлечет за собой использование методов посева и механизмов, предназначенных для обеспечения постоянного контакта на соответствующей глубине между семенами и поверхностью почвы в указанной стерне. Специалистам в данной области также известно, что снег может дополнительно уплотнять почву, и как описано ранее, где практика обработки земли с неглубокой вспашкой или без вспашки не позволяет удалять тяжелую стерню зерновых культур или рыхлить уплотненный верхний слой почвы, следует уделять должное внимание посеву абиссинской горчицы с использованием соответствующих методов и механизмов для обеспечения постоянного контакта семян с почвой на соответствующей глубине почвы.

В любом из вышеописанных вариантов осуществления и сценариев севооборота посев *Brassica carinata* осуществляют с использованием сеялки или аналогичного инструмента, установленного на глубине 0,50 см; 0,63 см; 1,25 см; 1,9 см; 2,5 см; 3,75 см или 5 см, или любой глубине в указанном диапазоне, при норме высева 3,0 кг семян/га, 4,0 кг семян/га, 5,0 кг семян/га, 5,6 кг семян/га, 6,7 кг семян/га, 7,8 кг семян/га, 9,0 кг семян/га, 10,1 кг семян/га, 11,2 кг семян/га или любой другой норме в указанном диапазоне. Промежуток между рядами может быть установлен на 10 см, 20 см, 30 см, 40 см, 50 см или на любое расстояние в указанном диапазоне. Как известно специалистам в данной области техники, как описано ранее, когда практика земледелия с неглубокой вспашкой или без вспашки не позволяет удалять тяжелую стерню зерновых или рыхлить уплотненный верхний слой почвы, надлежащее внимание следует уделять посеву абиссинской горчицы с использованием соответствующих методов и механизмов для обеспечения постоянного контакта семян с почвой на соответствующей глубине почвы.

В любом из вышеописанных вариантов осуществления и сценариев севооборота неорганическое (минеральное) удобрение вносят путем поверхностной подкормки, междурядной подкормки, разбросного внесения или путем внекорневого внесения. В некоторых вариантах осуществления неорганическое (минеральное) удобрение включает одно или несколько из неорганического азотного (N) удобрения, фосфорного удобрения, калийного удобрения и серного удобрения. В некоторых вариантах осуществления изобретения: неорганическое азотное (N) удобрение вносят из расчета 30 кг/га, 45 кг/га, 56 кг/га, 67 кг/га, 78 кг/га, 90 кг/га, 101 кг/га, 112 кг/га, 123 кг/га, 135 кг/га, 150 кг/га, 165 кг/га или в любом количестве в указанном диапазоне; фосфорное (P) удобрение добавляют из расчета 22, 34, 45 или 56 кг или в любом количестве в указанном диапазоне в эквивалентах P_2O_5 на гектар; калийное (K) удобрение добавляют в количестве 30, 45, 56, 67, 78, 90, 101 или в любом количестве в указанном диапазоне, эквивалентном K_2O на гектар; и серное (S) удобрение добавляют из расчета 11 кг/га, 17 кг/га, 22 кг/га, 28 кг/га, 34 кг/га, 40 кг/га или в любом количестве в указанном диапазоне. В некоторых вариантах осуществления неорганическое азотное удобрение и серное удобрение вносят в разделенной дозе, одну половину при посеве и другую половину до цветения, тогда как P и K-удобрения вносят в однократной дозе при посеве. В суглинистых почвах, где неорганическое N-удобрение и S-удобрение вносят в разделенной дозе, от одной четверти до одной трети неорганического N-удобрения и от одной трети до половины S-удобрения добавляют при посеве, а оставшуюся часть добавляют при стеблевании, в то время как удобрения P и K применяют в разовой дозе при посеве. В глубоких песчаных почвах удобрение можно вносить в трех дозах: при посеве или появлении первого ростка, треть неорганического удобрения N, половину удобрения S, половину удобрения K и все P удобрение вносят при посеве или появлении первого ростка; при

стеблевании добавляют треть неорганического азотного удобрения и оставшиеся S и K удобрения; и, наконец, при раннем цветении добавляют оставшееся N удобрение.

В любом из вышеописанных вариантов осуществления и сценариев севооборота навоз и/или органическое удобрение можно использовать для обеспечения части или всего количества азотного удобрения, необходимого во время выращивания абиссинской горчицы. Навоз может быть применен путем разбрасывания, ленточного внесения, заделки, или другими способами, известными специалисту в данной области техники, с использованием разбрасывателя навоза, разбрасывателя комков, цистерны или другого подходящего оборудования, известного специалисту в данной области техники. Навоз может быть одним или несколькими видами навоза из птичьего помета, фекалий крупного рогатого скота, фекалий свиней, или других сельскохозяйственных отходов, богатых азотом и другими питательными веществами. Как известно специалисту в данной области техники, количество навоза, вносимого в поле, будет зависеть от состава навоза, в частности от содержания азота. Типичные нормы внесения навоза варьируют от 0,5 до 10 т/га или любой нормы внесения в указанном диапазоне. Например, навоз может быть внесен из расчета около 0,5; 1; 1,5; 2; 2,5; 3; 3,5; 4; 4,5; 5; 5,5; 6; 7; 8; 9 или 10 т/га. При внесении в таком количестве навоз может обеспечить примерно от 20 до 100%, или любой процент в указанном диапазоне азотного удобрения, необходимого во время выращивания *Brassica carinata*. Например, навоз может обеспечить около 20%, 25%, 30%, 35%, 40%, 45%, 50%, 55%, 60%, 65%, 70%, 75%, 80%, 85%, 90%, 95% или 100% азотных удобрений, необходимых для выращивания *Brassica carinata*. В некоторых вариантах осуществления навоз может обеспечивать примерно от 30 до 90% или любой процент в указанном диапазоне азотного удобрения, необходимого для выращивания *Brassica carinata*. В других вариантах осуществления навоз может обеспечивать примерно от 40 до 80%, или любой процент в указанном диапазоне азотного удобрения, необходимого для выращивания *Brassica carinata*. В других вариантах осуществления навоз может обеспечивать примерно от 50 до 75%, или любой процент в указанном диапазоне азотного удобрения, необходимого для выращивания *Brassica carinata*.

На основе консервативной оценки урожайности абиссинской горчицы в полусушливых регионах США, составляющей 2090 кг зерна на гектар (эквивалентно 899 кг масла на гектар при условии содержания масла 43% по массе), к 2022 году, при расходе питательных веществ 45-90 кг/га неорганического N-удобрения, 17-34 кг/га P-удобрения, 0-11 кг/га K-удобрения, 3,1 кг/га пестицида и 32,7 л/га дизельного топлива, и предполагаемых выбросы ПГ, связанных с дроблением, хранением и транспортировкой масла, производством биотоплива и распределением биотоплива, которые были примерно эквивалентны таковым для сои и рыжика, оцененное ЕРА сокращение совокупных выбросов ПГ на гипотетическом пути абиссинской горчицы для производства биодизельного топлива из биомассы или передовых видов топлива, таких как ГРМ, позволит производителю получить кредиты RIN типа 4 или типа 5 (EPA-HQ-OAR-2015-0093-; FRL-9926-80-OAR; Уведомление о возможности прокомментировать анализ выбросов парниковых газов, связанных с производством и транспортировкой масла *Brassica carinata* для использования в продукции биотоплива. Federal Register, Vol. 80, No. 79, Friday April 24, 2015, p 22996-23003; <https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/FR-2015-04-24/pdf/2015-09618.pdf>). Таким образом, аспект этого изобретения заключается в том, что абиссинская горчица представляет собой непищевую масличную культуру, которую можно выращивать в полусушливых средах для обеспечения оптимального исходного сырья для биотоплива и достижения значительного сокращения выбросов ПГ при одновременном улучшении качества почвы, что может способствовать повышению урожайности последующих продовольственных культур.

При выращивании в соответствии с любым из вышеописанных вариантов осуществления или сценариев севооборота *B. carinata* будет фиксировать примерно от 0,5 до 5,0 т CO₂ на гектар в год или любое количество CO₂ в указанном диапазоне, в почве. Например, растение *B. carinata* в любом из вышеописанных вариантов осуществления или сценариев севооборота будет фиксировать 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5 или 5,0 т CO₂ на гектар в год или любое количество CO₂ в указанном диапазоне, в почве.

Сырье, полученное из зерна *B. carinata*, собранного из *B. carinata* в соответствии с любым из описанных выше вариантов осуществления или сценариев севооборота, может быть использовано для производства биотоплива с низкой углеродоемкостью (низким CI), такого как биодизельное топливо или реактивное топливо. В некоторых вариантах осуществления биотопливо с низким значением CI имеет значение углеродоемкости, которое снижается по меньшей мере на 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200 или более г CO₂-экв./Дж, по отношению к значению углеродоемкости соответствующего обычного топлива, полученного из ископаемого сырья. В других вариантах осуществления биотопливо с низкой углеродоемкостью имеет значение углеродоемкости, которое уменьшается примерно на 50-200 г CO₂-экв./МДж произведенной энергии, или любое количество в указанном диапазоне, относительно значения углеродоемкости соответствующего топлива, полученного из ископаемого сырья. В других вариантах осуществления биотопливо с низкой углеродоемкостью имеет значение углеродоемкости, которое уменьшается примерно на 75-200 г CO₂-экв./МДж произведенной энергии или до любого количества в указанном диапазоне относительно значения углеродоемкости соответствующего топлива, полученного из ископаемого сырья. В других вариантах осуществления биотопливо с низкой углеродоемкостью имеет значение углеродоемкости, которое снижено на 100-200 г CO₂-экв./МДж произведенной энергии или на

любое количество в указанном диапазоне относительно углеродоемкости соответствующего топлива, произведенного из ископаемого сырья.

Аналогичным образом, выращивание *B. carinata* в любом из вышеописанных вариантов осуществления или сценариев севооборота приведет к уменьшению выбросов ПГ в течение жизненного цикла примерно на 60-400% или на любой процент в указанном диапазоне при использовании для производства зеленого (возобновляемого) дизельного топлива и при измерении относительно производства ПГ при рафинировании и производстве обычного дизельного топлива из ископаемого сырья. Например, выращивание *B. carinata* в любом из описанных выше вариантов осуществления или сценариев севооборота приведет к сокращению выбросов ПГ в течение жизненного цикла примерно на 60%, 65%, 70%, 75%, 80%, 85%, 90%, 95%, 100%, 125%, 150%, 175%, 200%, 225%, 250%, 275%, 300%, 325%, 350%, 375% или 400% при использовании для производства зеленого (возобновляемого) дизельного топлива и при измерении по отношению к продукции ПГ при рафинировании и производстве обычного дизельного топлива из ископаемого сырья. В некоторых вариантах осуществления или сценариях севооборота выращивание *B. carinata* приведет к сокращению выбросов ПГ в течение жизненного цикла примерно на 75-300% или на любой процент в указанном диапазоне при использовании для производства зеленого (возобновляемого) дизельного топлива и при измерении относительно продукции ПГ во время рафинирования и производства обычного дизельного топлива из ископаемого топлива. В некоторых вариантах осуществления или сценариях севооборота рост *B. carinata* приведет к снижению выбросов ПГ в течение жизненного цикла примерно на 90-250%, или на любой процент в указанном диапазоне, при использовании для производства зеленого (возобновляемого) дизельного топлива и при измерении относительно продукции ПГ при рафинировании и производстве обычного дизельного топлива из ископаемого сырья.

Примеры

Пример 1. Последовательное выращивание *Brassica carinata* в качестве зимнего покрова после арахиса в севообороте. Этот пример демонстрирует выращивание *Brassica carinata* в качестве покровной культуры в зоне тропического влажного климата для получения сырья для производства биотоплива с низкой углеродоемкостью и богатой белком муки для применения в качестве корма для скота. В качестве примера культивирования в этой зоне, *Brassica carinata* выращивали последовательно в течение зимы 2015-2016 в качестве озимой покровной культуры, заменяя парование, на двух фермах в юго-восточной части США (Северная Флорида). Ферма 1 была расположена недалеко от Джея, штат Флорида, а Ферма 2 была расположена недалеко от Альты, штат Флорида. Предшествующей культурой, выращиваемой на обеих фермах, был арахис, вид бобовых культур.

В табл. 5 показано, как выращивание культуры абиссинской горчицы проводили на каждой ферме. Обе фермы были расположены в северной части Флориды, в области, классифицированной как тропическая влажная, как описано выше и в табл. 2. Почва в регионе Северной Флориды, где расположены обе фермы, была классифицирована как акрисоль, которая принадлежит к классу № 6 по классификации почв в приведенных выше определениях.

Поля были подготовлены к посеву с использованием подхода с нулевой вспашкой. Посев проводили с использованием *Brassica carinata* AAC-A120 с нормой и глубиной посева в оптимальных диапазонах, предложенных в Руководстве по выращиванию *Agrisoma* 2015 для региона

(https://agrisoma.com/ckfinder/userfiles/files/2017_18_SE_Handbook.pdf).

Входные данные, используемые в обеих фермах (перечислены в табл. 5), также находятся в предложенных диапазонах, приведенных в руководстве производителя. Чтобы наиболее точно оценить всю совокупность выбросов ПГ, связанных с выращиванием абиссинской горчицы, руководители хозяйств регистрировали расход топлива всей сельскохозяйственной техники, использованной во время выращивания и сбора урожая абиссинской горчицы (показано в табл. 5). Весь полив был осуществлен через естественные осадки, поэтому дополнительное орошение не требовалось и не использовалось. По достижении зрелости семена собирали путем прямого скашивания комбайном, и практически все растительные материалы, кроме собранного зерна, возвращали на поле. Чистая урожайность и урожайность на гектар собранного зерна абиссинской горчицы (при содержании влаги 10%) с обеих ферм приведены в табл. 5.

Таблица 5
Подробности выращивания абиссинской горчицы (ферма 1 и ферма 2)

	Единицы	Ферма 1 (FL)	Ферма 2 (FL)
Подробности выращивания			
Расположение		Северная Флорида	Северная Флорида
Предшествующая культура		Арахис	Арахис
Площадь посева абиссинской горчицы	га	23,87	8,09
Норма высева	кг/га	5,60	4,48
Всего использовано семян	кг	133,68	36,25

Урожай	кг	46 576,98	13 957,69
Урожай/площадь	кг/га	1,951	1,725
Источники энергии, используемые при выращивании			
Расход дизельного топлива	МДж га ⁻¹ год ⁻¹	928,14	3 704,37
Агрохимикаты			
N-удобрение (кг N)	кг N га ⁻¹ год ⁻¹	78,4	129,9
Навоз	кг N га ⁻¹ год ⁻¹	-	-
СаО- удобрение (кг СаО)	кг СаО га ⁻¹ год ⁻¹	-	-
K ₂ O-удобрение (кг K ₂ O)	кг K ₂ O га ⁻¹ год ⁻¹	78,4	89,6
P ₂ O ₅ - удобрение (кг P ₂ O ₅)	кг P ₂ O ₅ га ⁻¹ год ⁻¹	22,4	44,8
Пестициды	кг га ⁻¹ год ⁻¹	-	-

Пример 2. *Brassica carinata* при последовательном выращивании в качестве зимнего покрова после зерновых (кукурузы) в тропическом влажном климате (Флорида/ЮВ США). Этот пример демонстрирует выращивание *Brassica carinata* в качестве покровной культуры в зоне тропического влажного климата для получения сырья для производства биотоплива, и богатой белком муки для применения в качестве корма для скота.

Brassica carinata выращивали последовательно в течение зимы 2015-2016 в качестве озимой покровной культуры, заменяя зимний пар, на фермах в ЮВ США. Предшествующей выращиваемой культурой была кукуруза, являющаяся примером вида зерновых культур, и в отличие от прежней практики, остатки урожая предшествующих зерновых культур не вносили в почву путем вспашки. В табл. 6 обобщены подробности выращивания абиссинской горчицы, проводимого в тропической влажной климатической зоне, как описано выше и в табл. 2. Почвы в этом регионе Северной Флориды имеют песчаный ареносолонный тип (см. Класс № 3 Классификаций почв в Определениях выше).

Таблица 6

Подробности выращивания абиссинской горчицы

	Единицы	Данные
Подробности выращивания		
Расположение		Флорида
Предшествующая культура		Кукуруза
Норма высева	кг/га	4
Урожай	кг/га	2 114
Урожай ⁽¹⁾	МДж/га	50 229
Источники энергии, используемые при выращивании		
Применение дизельного топлива ⁽²⁾	МДж га ⁻¹ год ⁻¹	1 385
Агрохимикаты		
N-удобрение (кг N)	кг N га ⁻¹ год ⁻¹	141,1
Навоз	кг N га ⁻¹ год ⁻¹	-
СаО- удобрение (кг СаО)	кг СаО га ⁻¹ год ⁻¹	340,0
K ₂ O-удобрение (кг K ₂ O)	кг K ₂ O га ⁻¹ год ⁻¹	89,6
P ₂ O ₅ - удобрение (кг P ₂ O ₅)	кг P ₂ O ₅ га ⁻¹ год ⁻¹	88,5
Пестициды	кг га ⁻¹ год ⁻¹	-
Транспорт зерна		
Грузовик до погрузчика зерна	км	33,8

⁽¹⁾ На основе Низшей теплоты сгорания (НТС) для семян рапса при 0% влажности 26,4 МДж/кг, взято из: ЈЕС ЕЗ-базы данных (версия 31-7-2008).

⁽²⁾ На основе плотности 832 кг/м³, НТС 43,1 кг/МДж, взято из: ЈЕС ЕЗ-базы данных (версия 31-7-2008)

В вышеописанной среде *Brassica carinata* сеяли с середины до конца ноября в стерню предшествующего урожая кукурузы, обычно на глубине 1,25-2,5 см. В настоящее время для этой среды выращивания рекомендуются два инбредных свободно опыляемых сорта абиссинской горчицы: Resonance AAC-A120 (в настоящее время предварительно защищены Правами селекционеров-растениеводов в Канаде, заявка № 15-8718) или Avanza 641 (WO 2017/181276A), последний сорт выбран на основе региональной

адаптации, высокой урожайности, пониженного содержания глюкозинолата и повышенной морозостойкости. Норма высева была доведена до 4 кг/га для достижения оптимальной плотности растений в диапазоне 80-180 растений на м². Используемые ресурсы были такими, как описано в табл. 6, и включали неорганические азотные, калийные и фосфорные удобрения в предложенных количествах. Ареносольные почвы умеренно кислые, что требует добавления доломитовой извести (CaO). Неорганическое азотное удобрение вносили из расчета 141,1 кг/га, что, хотя и выше, чем обычно рекомендуется для абиссинской горчицы, может быть оправдано для песчаных типов почв в регионах с влажным тропическим климатом, где азот, который может просачиваться из корневых зон, имеет тенденцию к вымыванию из корневой зоны.

Для наиболее точной оценки общих выбросов ПГ во время культивирования регистрировали потребление всего топлива моторизированной сельхозтехники на всей ферме, использованного во время выращивания и сбора урожая абиссинской горчицы. Весь полив осуществлялся с помощью осадков, поэтому дополнительное орошение не требовалось и не использовалось. Для выращенной в качестве озимой покровной культуры в условиях короткой продолжительности светового дня *Brassica carinata* потребовалось чуть более 5 месяцев для достижения зрелости, и в этот момент абиссинскую горчицу собирали путем прямого скашивания комбайном. Зерно собирали, и практически все растительные материалы, кроме собранного зерна, возвращали на поле. Урожайность зерна на гектар (при содержании влаги 10%) и совокупное потребление топлива приведены в табл. 6.

Пример 3. *Brassica carinata* в качестве летнего покрова после бобовых (чечевица) в умеренном холодном сухом климате (NT). Этот пример демонстрирует выращивание абиссинской горчицы в качестве летней покровной культуры для производства сырья для получения биотоплива и богатой белком муки для корма для скота. *Brassica carinata* выращивали как летнюю покровную культуру, посеянную в стерню предшествующей чечевичной культуры, в зоне с умеренным холодным сухим климатом в северных штатах США и южных прериях Канады. В табл. 7 приведены подробные данные о культивировании, проводимом в климатическом регионе, классифицированном как регион с умеренным холодным сухим климатом, как описано выше и в табл. 2. Примеры таких регионов включают северные штаты США, а также южные прерии западной Канады. Почвы в этих регионах классифицируются как глинистые почвы с высокой активностью (Решение Комиссии от июня 2010 о руководящих принципах для расчета земельных углеродных запасов для целей Приложения V к Директиве 2009/28/ЕС). Чечевица, бобовый вид, становится все более важной культурой в этих регионах и часто выращивается в севооборотах, включающих злаки, такие как пшеница и/или масличные культуры *Brassica*.

В описанной выше среде *Brassica carinata* сеяли с середины апреля до начала мая, как правило, когда температура почвы превышала 4-5°C, в стерню предшествующей чечевичной культуры и на глубине 1,25-2,5 см. Две инбредные свободно опыляемые разновидности абиссинской горчицы, Resonance AAC-A120 (защищено правами селекционеров растений в Канаде, дата подачи 9 апреля 2015, заявка № 15-8718) и 3A22 (предварительная патентная заявка США № 62/326111, поданная 22 апреля 2016 и в настоящее время международная патентная заявка № PCT/CA 2017/050474, поданная 18 апреля 2017), в настоящее время рекомендуются для этой среды выращивания, причем последний сорт выбран на основе региональной адаптации, высокой урожайности, более низкого содержания глюкозинолата и более ранней зрелости. Норму высева регулировали для достижения плотности растений в диапазоне 80-180 растений на м², что соответствует норме высева от 5 до 9 кг/га. Ресурсы соответствуют описанию в табл. 7 и включают неорганические азотные, калийные и фосфорные удобрения в указанных количествах. Значение pH почвы в этих регионах обычно составляет 7,0 или выше, и поэтому применение доломитовой извести не требуется. Хотя 90 кг/га неорганического азота является рекомендуемой дозой, поскольку чечевица действительно повышает уровень азота в почве благодаря способности своих корней фиксировать атмосферный азот, можно соответствующим образом уменьшить количество добавляемого азота для последующих культур. Таким образом, в табл. 7 перечислены два сценария культивирования, которые отличаются только в отношении количества добавленного неорганического азота: один (сценарий 1) с обычной рекомендуемой дозировкой и другой (сценарий 2) с применением неорганического азота, уменьшенного вдвое, чтобы воспользоваться преимуществом азота, обеспеченного предшествующим урожаем чечевицы.

Таблица 7

Подробности выращивания абиссинской горчицы

	Единицы	Сценарий 1	Сценарий 2
Подробности выращивания			
Расположение		Северные штаты	Северные штаты
Предшествующая культура		Чечевица	Чечевица
Норма высева	кг/га	5	5
Урожай	кг/га	1 800	1 800
Урожай ⁽¹⁾	МДж/га	42 768	42 768
Источники энергии, используемые при выращивании			
Применение дизельного топлива ⁽²⁾	МДж га ⁻¹ год ⁻¹	1000	1000
Агрохимикаты			
N-удобрение (кг N)	кг N га ⁻¹ год ⁻¹	90	45
Навоз	кг N га ⁻¹ год ⁻¹	-	-
CaO- удобрение (кг CaO)	кг CaO га ⁻¹ год ⁻¹	-	-
K ₂ O-удобрение (кг K ₂ O)	кг K ₂ O га ⁻¹ год ⁻¹	80	80
P ₂ O ₅ - удобрение (кг P ₂ O ₅)	кг P ₂ O ₅ га ⁻¹ год ⁻¹	40	40
Пестициды	кг га ⁻¹ год ⁻¹	10	10
Транспортировка зерна			
Грузовик до погрузчика зерна	км	100	100

⁽¹⁾ На основе Низшей теплоты сгорания (НТС) для семян рапса при 0% влажности 26,4 МДж/кг, взято из: ЈЕС ЕЗ-базы данных (версия 31-7-2008).

⁽²⁾ На основе плотности 832 кг/м³, НТС 43,1 кг/МДж, взято из: ЈЕС ЕЗ-базы данных (версия 31-7-2008)

Для того чтобы наиболее точно оценить всю совокупность выбросов ПГ, связанных с культивированием с использованием всех сельскохозяйственных орудий и техники, которые используются на всех этапах выращивания и сбора урожая абиссинской горчицы, регистрировали количество дизельного топлива, используемого во всех операциях. Для этой цели использовали значение по умолчанию, равное 1000 МДж/га использования дизельного топлива, что представляет собой умеренно высокий уровень использования моторизованного сельскохозяйственного инвентаря. Весь полив достигался за счет естественных осадков, поэтому дополнительное орошение не требовалось и не использовалось. При выращивании в качестве летнего покровного растения *Brassica carinata* обычно достигает зрелости в течение 4 месяцев, после чего ее собирают путем прямого скашивания комбайном. Зерно собирали, и практически все растительные материалы, кроме собранного зерна, возвращали на поле. Чистый урожай и урожай на гектар убранных зерна абиссинской горчицы (при содержании влаги 10%) при обоих сценариях использования азота приведены в табл. 7.

Пример 4. *Brassica carinata* при последовательном выращивании в качестве зимнего покрова после бобовых (соя) в умеренном теплом влажном климате (Уругвай). Этот пример демонстрирует последовательное выращивание *Brassica carinata* в качестве озимой покровной культуры, заменяющей пар, для получения сырья для производства биотоплива и богатой белком муки для применения в качестве корма для скота. *Brassica carinata* выращивали в качестве озимой покровной культуры, посеянной в стерню предшествующей культуры сои, в умеренном теплом влажном климате Уругвая. В табл. 8 обобщены подробности выращивания, проведенного зимой 2015 года, в климатическом регионе, классифицированном как умеренный теплый влажный, как описано выше и в табл. 2. Примеры таких регионов включают большую часть пахотных земель Уругвая. Почвы в этих регионах классифицируются как глинистые почвы с высокой активностью (Решение Комиссии от июня 2010 г. о руководящих принципах для расчета земельных углеродных запасов для целей Приложения V к Директиве 2009/28/ЕС). Чечевица, бобовый вид, становится все более важной культурой в этих регионах и часто выращивается в севооборотах, включающих злаки, такие как пшеница и/или масличные культуры *Brassica*.

Таблица 8

Подробности выращивания абиссинской горчицы

	Единицы	Данные
Подробности выращивания		
Расположение		Уругвай
Предшествующая культура		Соя
Норма высева	кг/га	7
Урожай	кг/га	2 100
Выход ⁽¹⁾	МДж/га	49 896
Источники энергии, используемые при выращивании		
Применение дизельного топлива ⁽²⁾	МДж га ⁻¹ год ⁻¹	277
Агрохимикаты		
N-удобрение (кг N)	кг N га ⁻¹ год ⁻¹	59,7
Навоз	кг N га ⁻¹ год ⁻¹	-
СаО- удобрение (кг СаО)	кг СаО га ⁻¹ год ⁻¹	18,3
К ₂ О-удобрение (кг К ₂ О)	кг К ₂ О га ⁻¹ год ⁻¹	67,4
P ₂ O ₅ - удобрение (кг P ₂ O ₅)	кг P ₂ O ₅ га ⁻¹ год ⁻¹	61,0
Пестициды	кг га ⁻¹ год ⁻¹	13
Транспортировка зерна		
Грузовик до погрузчика зерна	км	376

⁽¹⁾ На основе Низшей теплоты сгорания (НТС) для семян рапса при 0% влажности 26,4 МДж/кг, взято из: ЈЕС ЕЗ-базы данных (версия 31-7-2008).

⁽²⁾ На основе плотности 832 кг/м³, НТС 43,1 кг/МДж, взято из: ЈЕС ЕЗ-базы данных (версия 31-7-2008)

В период с середины до конца мая семнадцать ферм в Уругвае, занимающих более 2400 га, были последовательно засеяны абиссинской горчицей в стерне предшествующей культуры сои и на глубине 1,25-2,5 см. Для этой среды выращивания были рекомендованы два инбредных свободно-опыляемых сорта абиссинской горчицы, Resonance AAC-A120 (в настоящее время предварительно защищенный РВР в Канаде, заявка № 15-8718) и Avanza 641 (заявка на получение патента на сорт растений США), последний сорт был выбран на основе региональной адаптации, высокой урожайности, более низкого содержания глюкозинолата, морозостойкости и более ранней зрелости. В табл. 8 приведены средние значения нормы высева, используемых ресурсов и урожайности для всех ферм. Норма высева была скорректирована для достижения оптимальной плотности растений, соответствующей средней норме высева 7 кг/га. Используемые ресурсы соответствуют приведенным в табл. 8 и включают среднее значение неорганических азотных, калийных, фосфорных и кальциевых (известковых) удобрений, применяемых во всех хозяйствах. Значение рН почвы в этих регионах часто умеренно кислое, до рН 5,7, и, таким образом, для снижения кислотности почвы применяли доломитовую известь. На основании результатов анализа содержания азота в почве было применено в среднем 59,7 кг/га азота. Это ниже рекомендованного уровня внесенного азота (90 кг/га), но отражает уровни ранее существовавшего в почве азота, вероятно, в результате предшествующей бобовой культуры. В табл. 8 также приведены средние уровни использования пестицидов (включая пестициды, гербициды и фунгициды) на всех фермах, поскольку производство этих продуктов потребляет энергию и, следовательно, способствует выбросам ПГ; посредством модели BioGrass определяли уровень выбросов CO₂-экв., вносимый этими продуктами, и объединили их в общий объем выбросов на этапе выращивания.

Как описано ранее, для наиболее точной оценки совокупности выбросов ПГ, связанных с выращиванием абиссинской горчицы, регистрировали все сельскохозяйственные орудия и механизмы, которые используются во время выращивания и сбора урожая абиссинской горчицы, и количества дизельного топлива, использованного при их эксплуатации. Средний расход дизельного топлива во всех хозяйствах составил 277 МДж дизельного топлива на гектар. Весь полив осуществлялся с помощью осадков, поэтому дополнительное орошение не требовалось и не использовалось. При выращивании в качестве озимого покрова в условиях короткого светового дня *Brassica carinata* достигла зрелости в течение 5-6 месяцев (на один-два месяца дольше, чем требовалось в условиях летнего выращивания), и в этот момент абиссинскую горчицу собирали путем прямого скашивания комбайном. Зерно было собрано, и практически все растительные материалы, кроме собранного зерна, были возвращены на поле. Чистый урожай и урожай на гектар собранного зерна абиссинской горчицы (при содержании влаги 10%) приведены в табл. 8.

По сравнению с другими сортами масличных культур, выращиваемыми в Уругвае, *Brassica carinata* дает как высокий урожай, так и высокую биомассу. В исследовании, проведенном в Уругвае в 2016 году, сорт *Brassica carinata* Avanza 641 был посеян в одинаковых условиях на трех участках, наряду с несколькими современными сортами свободно-опыляемых и гибридных яровых коммерческих сортов *Brassica napus* типа канолы. В ходе выращивания строили графики для плотности растений, плотности стручков, надземной биомассы при уборке урожая, урожайности зерна при уборке урожая, и индекса урожайности.

Данные приведены в табл. 9.

Таблица 9

Урожай зерна и биомассы для *Brassica carinata* Avanza 641, выращенной параллельно с гибридными сортами канолы

Материал	Повторность	Растения /м ²	Стручки /м ²	Биомасса (кг/га)	Урожай зерна (кг/га)
<i>B. carinata</i> Avanza 641	1	41,18	9932,35	16544,12	4369,12
<i>B. carinata</i> Avanza 641	2	66,18	13902,94	21691,18	5866,18
<i>B. carinata</i> Avanza 641	3	51,47	10105,88	16617,65	4586,03
<i>B. napus</i> HYOLA 50	1	27,94	5591,18	10000,00	2510,29
<i>B. napus</i> HYOLA 50	2	26,47	5222,06	9117,65	2277,21
<i>B. napus</i> HYOLA 50	3	20,59	7841,18	13676,47	3238,97
<i>B. napus</i> HYOLA 575 CL	1	54,41	7614,71	14044,12	2833,82
<i>B. napus</i> HYOLA 575 CL	2	45,59	5847,06	9411,76	1780,15
<i>B. napus</i> HYOLA 575 CL	3	44,12	5335,29	9044,12	1422,79
<i>B. napus</i> RIVETTE	1	27,94	5182,35	10558,82	2645,59
<i>B. napus</i> RIVETTE	2	25,00	3979,41	7455,88	1732,35
<i>B. napus</i> RIVETTE	3	25,00	4483,82	10529,41	2889,71

Рассчитывали средние значения, полученные методом наименьших квадратов (LSM) для повторностей, и проводили сравнение средних значений с использованием теста Тьюки, чтобы определить, наблюдались ли какие-либо существенные различия среди протестированных сортов (см. табл. 10). Значения LSM, использующие одно и то же обозначение для каждого измерения, существенно не отличаются.

Таблица 10

Урожай зерна и накопление биомассы для *Brassica carinata* Avanza 641 по сравнению с гибридами канолы

Сорт	Урожай (кг/га)		Биомасса (кг/га)		Стручки/м ²		Растения/м ²	
	LSM	Обозначения	LSM	Обозначения	LSM	Обозначения	LSM	Обозначения
Avanza 641	4940	A	18284	A	11314	A	53	A
HYOLA 50	2675	B	10931	B	6218	B	48	A
HYOLA 575 CL	2012	B	10833	B	6266	B	26	B
RIVETTE	2422	B	9515	B	4549	B	25	B

Как можно видеть, в условиях культивирования, использованных в этих уругвайских исследованиях, *Brassica carinata* значительно превзошла даже самые современные гибридные весенние сорта канолы. Этому преимуществу урожайности способствовали такие признаки, как плотность стручков и плотность растений, которые были значительно выше для *Brassica carinata* AVANZA 641. Предшествующая работа продемонстрировала более высокую выработку надземной биомассы сортов *Brassica carinata*, выращенных весной, по сравнению с другими видами масличных культур *Brassica* на севере США (Gesch, et al. 2015). Представленные здесь результаты демонстрируют, что сорта *Brassica carinata*, отобранные для зимнего культивирования с короткой продолжительности дня, также дают значительно более высокие уровни надземной биомассы, чем другие коммерческие масличные культуры *Brassica*, сохраняя при этом высокие потенциалы урожайности. Обильная продукция биомассы, если она управляется в сочетании с практикой землеустройства, такой как возврат остатков урожая на поле, рациональная почвообработка, поддержание стерни, может способствовать значительному возврату питательных веществ для растений и углерода в почву (см. ниже).

Пример 5. *Brassica carinata*, последовательно выращиваемая в качестве озимой покровной культуры после зерновых (пшеницы) в Новом Южном Уэльсе. Этот пример демонстрирует выращивание абиссинской горчицы в качестве покровной культуры в зонах с умеренным теплым сухим и тропическим сухим климатом, как это видно для пшеничного пояса в Новом Южном Уэльсе восточной Австралии при производстве сырья для получения биотоплива и богатой белком муки в качестве корма для скота. Здесь, чтобы воспользоваться повышенной влажностью, которую дает зимний сезон, семена масличных культур *Brassica* (преимущественно сортов канолы) сеют осенью, зимой выращивают и собирают весной или в начале лета после вегетационного периода до 5-7 месяцев. Аналогичным образом, *Brassica carinata* последовательно выращивали в качестве зимней покровной культуры, заменяя зимний пар, на фермах в субрегионе, где известно, что зимой выпадает относительно много осадков. Предшествующей культурой является пшеница, служащая примером вида зерновых культур, и в отличие от прежней практики, остатки урожая предшествующих культур не вносятся в почву при вспашке. В табл. 11 обобщены подробности выращивания абиссинской горчицы, проводимого в зоне умеренного теплого сухого климата, как описано выше и в табл. 2. Большая часть почвы в этом регионе классифицируется как лувисоль, верти-

соль или кальцисоль, которые описаны, соответственно, в классе № 9, классе № 3 и классе № 7 в определениях классификации почвы выше.

В описанной выше среде *Brassica carinata* последовательно сеяли с середины до конца апреля до конца мая в стерню предшествующего урожая пшеницы, обычно на глубине 1,25-2,5 см. Норму высева регулировали до 5 кг/га для достижения оптимальной плотности растений в диапазоне 80-180 растений на м². Используемые ресурсы были такими, как описано в табл. 11, и включали неорганические азотные, калиевые и фосфорные удобрения в предложенных количествах. Было использовано 110 кг/га неорганического азотного удобрения, что, хотя и превышает обычно рекомендуемый уровень для абиссинской горчицы, может быть оправдано для песчаных почв во влажных тропических средах, где азот имеет тенденцию вымываться из корневой зоны.

Таблица 11

Подробности выращивания абиссинской горчицы

Подробности выращивания	Единицы	Данные
Расположение		Австралия (NSW)
Предшествующая культура		Пшеница
Норма высева	кг/га	5
Урожай	кг/га	2000
Урожай ⁽¹⁾	МДж/га	47520
Источники энергии, используемые при выращивании		
Применение дизеля ⁽²⁾	МДж га ⁻¹ год ⁻¹	1000
Агрохимикаты		
N-удобрение (кг N)	кг N га ⁻¹ год ⁻¹	110 (выс.)/55 (низ.)
Навоз	кг N га ⁻¹ год ⁻¹	-
СаО-удобрение (кг СаО)	кг СаО га ⁻¹ год ⁻¹	-
К ₂ О-удобрение (кг К ₂ О)	кг К ₂ О га ⁻¹ год ⁻¹	30
P ₂ O ₅ -удобрение (кг P ₂ O ₅)	кг P ₂ O ₅ га ⁻¹ год ⁻¹	30
Пестициды	кг га ⁻¹ год ⁻¹	10
Транспорт зерна		
Грузовик до сборщика зерна	км	376

⁽¹⁾ На основе Низшей теплоты сгорания (НТС) для семян рапса при 0% влажности 26,4 МДж/кг, взято из: JEC E3-базы данных (версия 31-7-2008).

⁽²⁾ На основе плотности 832 кг/м³, НТС 43,1 кг/МДж, взято из: JEC E3-базы данных (версия 31-7-2008)

Пример 6. Сокращение выбросов ПГ для биотоплива с низкой углеродоемкостью с использованием сырья, полученного из *Brassica carinata*, последовательно выращиваемой в качестве зимней покровной культуры после арахиса в севообороте. Чтобы рассчитать объем выбросов парниковых газов при выращивании абиссинской горчицы в примере выращивания абиссинской горчицы, описанном в Примере 1, использовали модель BioGrace v1.4 (<http://www.Biograce.net>). Модель соответствует критериям устойчивости Директивы по возобновляемой энергии (2009/28/EC, RED), которые также указаны в Директиве по качеству топлива (2009/30/EC). Расчеты в программе BioGrace Excel основаны на оценке жизненного цикла (LCA) для оценки выбросов ПГ на один МДж топлива.

Это означает следующее.

Функциональной единицей является "производство и использование одного МДж топлива".

Все этапы жизненного цикла от производства биомассы до распределения топлива приняты во внимание (см. табл. 12) и представлены в расчетном листе в отдельном модуле, представляющем один этап на пути биотоплива. Для биотоплива фаза использования не имеет выбросов парниковых газов, поскольку выделяемый CO₂ является биогенным (а выбросы CH₄, возникающие при сжигании топлива, незначительны).

Модуль собирает данные о потреблении и рассчитывает выбросы трех основных газов, способствующих изменению климата (CO₂, CH₄ и N₂O). Подробная информация о вкладе каждого газа представлена на последнем этапе расчета. Сумма всех трех газов выражена в эквивалентном количестве CO₂ (CO₂-экв.), необходимом для получения того же эффекта парниковых газов (г CO₂-экв./МДж произведенного топлива ГРМ).

Выбросы ПГ каждого модуля затем суммировали для получения выбросов ПГ по всему пути.

Однако в целях этого примера, хотя полученное сырье будет использоваться главным образом для производства ГРМ для использования в качестве замены топлива в транспортных и авиационных видах топлива, модель BioGrace используют только для учета выбросов ПГ от фазы культивирования пути биотоплива на основе абиссинской горчицы, включая сбор урожая, сушку и транспортировку зерна к месту хранения, с тем чтобы установить потенциал культивирования абиссинской горчицы для снижения углеродоемкости в соответствующем пути топлива в условиях культивирования, где абиссинскую горчицу выращивают в качестве зимнего покрова, заменяя пар и после предшествующих бобовых (арахиса) в ре-

гионе в зоне тропического влажного климата. Тем не менее, для того, чтобы оценить выбросы ПГ последовательно и таким образом, чтобы это соответствовало функциональной единице, предполагаемый выход ГРМ для сокращенного пути был принят равным 0,58 МДж ГРМ/МДж семян абиссинской горчицы. Этапы производства ГРМ из культивируемой *Brassica carinata*, которые находятся в пределах границы системы "от скважины к резервуару" калькулятора выбросов ПГ BioGrace, показаны на чертеже. Коэффициент распределения для первых трех этапов использования масла абиссинской горчицы составляет 0,613.

Выбросы ПГ для потребляемых ресурсов и топлива, использованных во время культивирования, могут быть оценены на основе количества потребляемых ресурсов или топлива путем умножения на соответствующие коэффициенты выбросов, аналогично представленным в электронной таблице BioGrace. Выбросы, полученные из топлива, использованного при транспортировке семян, масла или топлива, могут быть рассчитаны на основе аналогично предоставленных коэффициентов выбросов для соответствующего типа топлива, умноженных на пройденное расстояние и эффективность использования топлива конкретным видом транспорта (например, железнодорожным, автомобильным или морским транспортом).

Более низкие значения теплоты сгорания, выраженные в МДж/кг и полученные из таблицы таких значений, предоставленной в аналитической таблице BioGrace, использовали для определения энергетического содержания зерен, масел, муки на различных этапах пути, и проводили пересчет в МДж на МДж ГРМ, с учетом функциональной единицы.

Дизель, используемый для заправки тракторов и сельскохозяйственного оборудования, используемого при выращивании абиссинской горчицы (для подготовки полей, посева, внесения агрохимикатов и уборки урожая), а также электрическая энергия, используемая для сушки собранного зерна абиссинской горчицы, также вносят вклад в выбросы парниковых газов, и они также учитываются как часть фазы выращивания.

Выбросы ПГ для топлива, используемого во время выращивания, можно оценить, основываясь на количестве использованного топлива, путем умножения на соответствующие коэффициенты выбросов, аналогично представленным в электронной таблице BioGrace.

Производство ресурсов, используемых при выращивании культур, таких как удобрения и пестициды, имеет связанные с этим выбросы, которые должны быть включены как часть выбросов ПГ в течение жизненного цикла на пути производства биотоплива; они рассчитаны на основе количества ресурсов, использованных при выращивании культур, и коэффициента выбросов по умолчанию (г произведенного ПГ/кг сырья), доступного для процесса производства соответствующего сырья (база данных JEC E3; версия 31-7-2008). Существует также дополнительный источник выбросов от выращивания, который требует учета, что является следствием полевых выбросов закиси азота (N_2O), парникового газа, в 265 раз более мощного, чем CO_2 . Такие полевые выбросы делятся на три дополнительные категории: прямые выбросы N_2O с полей, косвенные выбросы N_2O в результате выщелачивания и стока, и косвенные выбросы N_2O в результате улетучивания NH_3 и NO_x . Полевые выбросы являются следствием разложения или сжигания органических веществ, полученных из растительных остатков, а также следствием самого использования азотных удобрений, и являются оценочным модулем выбросов N_2O в электронной таблице BioGrace (как описано в разделе "Определения" настоящего изобретения).

Транспортировка зерна в пункты сбора и хранения, поддерживаемые коммерческими перевозчиками зерна, также была потенциальным источником выбросов ПГ. Характер транспорта, топливо, использованное во время перевозки, и пройденное расстояние были зарегистрированы и использованы для определения чистых выбросов ПГ (табл. 12). Для целей этого примера рассматривается только транспортировка зерна на местное хранилище.

Таблица 12

Транспортировка зерна, масла и топлива

	Транспортные средства	Топливо	Расстояние от Фермы 1 (км)	Расстояние от Фермы 2 (км)
Зерно до местного хранилища	Грузовик	Дизель	45,05	80,5
Зерно от хранилища до порта 1	Грузовик	Дизель	800,17	505,44
Зерно от порта 1 до порта 2	Грузовое судно	Дизель	8423	
Зерно на перерабатывающий завод	Грузовик	Дизель	30	
Масло на рафинирование	Грузовик	Дизель	1178	
ГРМ до распределительного центра	Грузовик	Дизель	150	
ГРМ до АЗС	Грузовик	Дизель	150	

Все выбросы, сведенные в таблицу во время фазы культивирования, сушки и транспортировки, были добавлены, чтобы определить общее значение выбросов для фазы выращивания (см. табл. 13 по выбросам фазы выращивания для фермы 1 и табл. 14 по выбросам фазы выращивания для фермы 2). Для выращивания абиссинской горчицы и последующей транспортировки зерна для хранения в местном хра-

нилище зерна к выбросам применяют коэффициент распределения, учитывающий тот факт, что фракция масла абиссинской горчицы составляет 63% энергии семени и является фракцией семени, которая уникально перерабатывают в ГРМ. Таким образом, вплоть до момента, когда масло перерабатывают в ГРМ, произведенные выбросы умножают на коэффициент распределения.

Таблица 13

Выбросы в результате выращивания абиссинской горчицы (Ферма 1 из Примера 1)

	Коэффициент распределения	Не-распределенные результаты	Распределенные результаты	Всего
Все результаты в CO ₂ -экв./ МДж ГРМ				
Выращивание абиссинской горчицы	61,3%	50,47	30,91	
Сушка абиссинской горчицы	61,3%	0,99	0,61	
E _{сс} выращивания				31,5
Транспортировка зерна (грузовик)	61,3%	0,28	0,17	
E _{тд} транспортировки				0,17

Таблица 14

Выбросы, связанные с выращиванием абиссинской горчицы (Ферма 2 из Примера 1)

	Коэффициент распределения	Не-распределенные результаты	Распределенные результаты	Всего
Все результаты в CO ₂ -экв./ МДж ГРМ				
Выращивание абиссинской горчицы	61,3%	93,66	57,37	
Сушка абиссинской горчицы	61,3%	0,99	0,61	
E _{сс} выращивания				58,0
Транспортировка зерна (грузовик)	61,3%	0,48	0,29	
E _{тд} транспортировки				0,29

Модель BioGrace учитывает еще один фактор при расчете чистого выброса парниковых газов - то есть ожидаемое сокращение выбросов парниковых газов, которое может привести к применению улучшенных методов управления земельными ресурсами в случае выращивания биоэнергетической культуры, по сравнению с обычной практикой. Сокращение выбросов, называемое E_{sca}, предполагает, что улучшенные методы управления земельными ресурсами приводят к увеличению поглощения углерода на управляемых землях, что компенсирует часть выбросов, производимых на этапах выращивания, обработки и транспортировки пути. В конкретном случае выращивания абиссинской горчицы, как описано в настоящем изобретении, ожидается дополнительное сокращение выбросов в связи с переходом от глубокой вспашки почвы к обработке почвы без вспашки и заменой паров почвопокровной культурой, которая возвращает большую часть своей биомассы обратно в почву при сборе урожая. Модель BioGrace дает количественную оценку и присваивает значение E_{sca} в единицах тонн CO₂, возвращаемого в почву/га/год, на основании этих улучшений (см. значения E_{sca}, табл. 15). Впоследствии это преобразуют в тонны CO₂, возвращаемого в почву/МДж произведенного биотоплива ГРМ, которое затем используют для сокращения чистых выбросов всего пути (см. табл. 16 и 17).

Как можно видеть для выращивания абиссинской горчицы на ферме 1, выбросы CO₂-экв. на МДж произведенного ГРМ являются отрицательными (-35,6 т CO₂-экв./МДж произведенного ГРМ), если только рассматривать фазу выращивания на пути производства ГРМ, обозначая чистое снижение атмосферных уровней ПГ на единицу произведенного топлива в результате выращивания абиссинской горчицы в условиях выращивания на ферме 1. На ферме 2 выбросы CO₂-экв. на МДж произведенного ГРМ также отрицательны: производится -17,6 т CO₂-экв./МДж ГРМ. Факторы, способствующие большему сокращению выбросов на Ферме 1, включают: (а) меньшее использование неорганического азотного удобрения, что способствовало снижению выбросов ПГ в полевых условиях, а также выбросов в течение жизненного цикла, связанных с производством азотных удобрений; (b) более низкий расход топлива для сельскохозяйственной техники, используемой во время выращивания, хотя количество возделываемых гектаров было фактически выше.

Таблица 15

Улучшение управления земельными ресурсами (фермы 1 и 2)

	Фактическое землепользование	Эталонное землепользование	Ссылка
Климатический регион	Тропический влажный	Тропический влажный	Параграф 6.1, Решение комиссии
Тип почвы	Низкоактивная глина	Низкоактивная глина	Параграф 6.2, Решение комиссии
Обработка почвы	Без вспашки	Глубокая вспашка	Таблица 3, Решение комиссии
Уровень используемых ресурсов	Высокий, без навоза	Низкий	Таблица 3, Решение комиссии
SOC _{ST}	47 тонн С/га	47 тонн С/га	Таблица 1, Решение комиссии, с применением климатического региона и типа почвы
F _{LU}	0,48 тонн С/га	0,48 тонн С/га	Таблица 2, Решение комиссии
F _{MG}	1,22 тонн С/га	1,0 тонн С/га	Таблица 2, Решение комиссии
F _I	1,11 тонн С/га	0,92 тонн С/га	Таблица 2, Решение комиссии
SOC _i *	30,6 тонн С/га	20,8 тонн С/га	
E _{sca} **	1,79 тонн CO ₂ /га/год		

$$*SOC_i = SOC_{ST} \times F_{LU} \times F_{MG} \times F_I$$

$$**E_{sca} = (SOC_A - SOC_R) \times 3.664/20$$

Таблица 16

Выбросы, связанные с выращиванием абиссинской горчицы (ферма 1 из примера 1)

	Коэффициент распределения	Не-распределенные результаты	Распределенные результаты	Всего
		Все результаты в CO ₂ -экв./ МДж ГРМ		
Выращивание абиссинской горчицы	61,3%	50,47	30,91	
Сушка абиссинской горчицы	61,3%	0,99	0,61	
E _{св} выращивания				31,5
Транспортировка зерна (грузовик)	61,3%	0,28	0,17	
E _д транспортировки				0,17
Бонус или E _{sca}	100,0%	(67,3)*	(67,3)*	(67,3)*
Всего		(15,6)*		(35,63)*

*цифры в скобках являются отрицательными

Таблица 17

Выбросы в результате выращивания абиссинской горчицы (ферма 2 из примера 1)				
	Коэффициент распределения	Не-распределенные результаты	Распределенные результаты	Всего
Все результаты в CO ₂ -экв./ МДж ГРМ				
Выращивание абиссинской горчицы	61,3%	93,66	57,37	
Сушка абиссинской горчицы	61,3%	0,99	0,61	
E _{ec} выращивания				58,0
Транспортировка зерна (грузовик)	61,3%	0,48	0,29	
E _{td} транспортировки				0,29
Бонус или E _{sca}	100,0%	(76,2)*	(76,2)*	(76,2)*
Всего		(52,9)*		(17,64)*

*цифры в скобках являются отрицательными

Пример 7. Сокращение выбросов ПГ, связанное со всем путем производства ГРМ с использованием абиссинской горчицы для производства сырья при последовательном выращивании в качестве зимнего покрова после арахиса в севообороте. Этот пример демонстрирует сокращение выбросов ПГ, достигаемое на всем пути производства ГРМ посредством использования сырья из абиссинской горчицы, выращиваемой последовательно в качестве покровной культуры в зоне тропического влажного климата после выращивания бобовых культур (арахиса). Как описано в предшествующем примере, *Brassica carinata* выращивали зимой 2015-2016 в качестве озимой покровной культуры, заменяя зимний пар, на двух фермах в юго-восточной части США. Предшествующей культурой, выращиваемой на обеих фермах, был арахис, вид бобовых культур. В отличие от общепринятой практики, остатки арахиса не были внесены в почву путем вспашки после уборки урожая, но вместо этого использовали обработку без вспашки, чтобы остатки арахиса оставались на поле.

Для того, чтобы рассчитать воздействие парниковых газов при культивировании абиссинской горчицы в этих примерах, использовали модель BioGrace v.1.4 (<http://www.Biograce.net>), как описано ранее. В табл. 18 обобщены соответствующие модули из модели BioGrace V1.4, которые учитывают все соответствующие выбросы, производимые на пути производства биотоплива ГРМ (от скважины до резервуара). В описанном здесь примере, в отличие от предшествующего примера, который рассматривал только выбросы при выращивании, рассматриваются все источники выбросов, перечисленные выше.

На этапе выращивания выбросы, связанные с подготовкой семян и полей, прямые и косвенные выбросы, связанные с применением ресурсов, выбросы, связанные с использованием сельскохозяйственного оборудования для посева, внесением ресурсов, сбором урожая и т.д., выбросы, связанные с использованием энергии для сушки зерна, и выбросы, возникающие в результате высвобождения N₂O в полевых условиях, являются такими, как описано в предшествующем примере (Пример 6) и суммированы в табл. 13 и 14.

Таблица 18

Источники выбросов ПГ, учитываемые моделью BioGrace 1.4

Выбросы при выращивании (E _{ec})	Выращивание абиссинской горчицы Сушка абиссинской горчицы
Выбросы при обработке (E _p)	Экстракция масла Рафинирование масла Гидрогенирование масла абиссинской горчицы
Выбросы при транспортировке (E _{td})	Транспортировка зерна абиссинской горчицы Транспортировка масла абиссинской горчицы Транспортировка ГРМ в хранилище Транспортировка на заправочную станцию
Выбросы из-за изменения землепользования (E _l)	
Снижение выбросов (Бонус или E _{sca})	

Для этапов обработки, которые включают экстракцию масла и переработку в биотопливо, производство гидроочищенного растительного масла (ГРМ) было выбрано в качестве наиболее вероятного конечного использования сырья из абиссинской горчицы. На этапе дробления и извлечения масла электричество для работы пресса и оборудования линии дробления, а также парогенератор, работающий на природном газе, для отопления являются основными источниками выбросов ПГ, которые учитываются в модели LCA. Химические вещества, используемые при экстракции масла из муки (например, гексан), а также при дегуммировании и рафинировании добытого масла (например, NaOH и фосфорная кислота), также способствуют выбросам ПГ в течение жизненного цикла и также учитываются. Для переработки

масла в ГРМ электричество и парогенератор, работающий на природном газе, являются основным источником энергии, способствующим выбросам парниковых газов, а также водород, используемый в самом процессе гидроочистки. Как правило, значения выбросов по умолчанию используют для этих этапов обработки, поскольку они представляют собой хорошо отлаженные процессы, которые не сильно различаются. Существующие значения по умолчанию для экстракции рапсового масла и гидроочистки были использованы для пути абиссинской горчицы, поскольку они, как ожидается, не будут существенно отличаться, независимо от того, применяются ли они к рапсу или абиссинской горчице. Выбросы на этапе обработки приведены в табл. 19. Хотя различные общие количества масла производятся и обрабатываются из-за разницы в урожайности зерна, поскольку эти выбросы нормированы на общее количество ГРМ, полученного из вклада каждой фермы, нормализованные выбросы при обработке равны для производства зерна каждой фермой.

Таблица 19

Выбросы при переработке зерна абиссинской горчицы в биотопливо с низкой углеродоемкостью

	Коэффициент распределения	Не-распределенные результаты	Распределенные результаты	Всего
Все результаты в CO ₂ -экв./ МДж ГРМ				
Экстракция масла	61,3%	6,41	3,92	
Гидрогенирование растительного масла	100,0%	9,34	9,34	
Е _р выращивания				13,3

Для выбросов, связанных с транспортировкой, расстояния, пройденные между воротами фермы, ближайшим элеватором зерна, дробильной установкой, маслоперерабатывающим заводом ГРМ и запраvoyной станцией, используются для оценки транспортных потребностей в топливе. Затраты на производство электроэнергии в хранилищах основаны на количестве сырья и биотоплива, которое, в свою очередь, рассчитывают исходя из урожайности зерна. В этом конкретном примере зерно, выращенное на фермах в Северной Флориде и Южной Джорджии, было перевезено в один из трех пунктов сбора, а затем отправлено на грузовиках в порт Тампа, где зерно было собрано и загружено в трюмы морского грузового перевозчика. Зерно было перевезено морем в Руан, Франция, а затем автомобильным транспортом в Гранд-Кроне для дробления. Затем растительное масло было перевезено на грузовике в Антверпен, Бельгия, для хранения, а затем на грузовике на маслоперерабатывающий завод в Донжесе, Франция, для превращения в топливо путем переработки ГРМ. Пройденные расстояния и топливо, использованное во время перевозки (обобщено в табл. 20), применяли для определения выбросов, производимых на этапах перевозки, как для Фермы 1 (табл. 21), так и для фермы 2 (табл. 22).

Для этапа выращивания, транспортировки зерна абиссинской горчицы в дробилку, стадии дробления масличных культур и экстракции масла к выбросам применяли коэффициент распределения для учета того факта, что фракция масла абиссинской горчицы составляет 63% энергии семян, и это фракция семян, которая уникально перерабатывается в ГРМ. Таким образом, вплоть до момента, когда масло перерабатывают в ГРМ, выбросы умножают на коэффициент распределения (0,63), в то время как на последующих этапах выбросы считают равными 100% расчетных значений.

Таблица 20

Транспортировка зерна, масла и топлива

	Транспортные средства	Топливо	Расстояние от Фермы 1 (км)	Расстояние от Фермы 2 (км)
Зерно до местного хранилища	Грузовик	Дизель	45,05	80,5
Зерно от хранилища до порта 1	Грузовик	Дизель	800,17	505,44
Зерно от порта 1 до порта 2	Грузовое судно	Дизель	8423	
Зерно на перерабатывающий завод	Грузовик	Дизель	15	
Масло на рафинирование	Грузовик	Дизель	1193	
ГРМ до распределительного центра	Грузовик	Дизель	150	
ГРМ до АЗС	Грузовик	Дизель	150	

Таблица 21

Выбросы от транспортировки (ферма 1)

	Коэффициент распределения	Не-распределенные результаты	Распределенные результаты	Всего
		Все результаты в CO ₂ -экв./ МДж ГРМ		
Транспортировка зерна (грузовик)	61,3%	0,27	0,17	
Транспортировка зерна (грузовик)	61,3%	4,72	2,89	
Транспортировка зерна (морская)	61,3%	6,50	3,98	
Транспортировка масла абиссинской горчицы	100,0%	0,07	0,07	
Транспортировка масла абиссинской горчицы	100,0%	2,91	2,91	
Транспортировка ГРМ	100,0%	0,41	0,41	
в хранилище				
Транспортировка на заправочную станцию	100,0%	0,74	0,74	
E _д транспортировки				8,3

Таблица 22

Выбросы от транспортировки (Ферма 2)

	Коэффициент распределения	Не-распределенные результаты	Распределенные результаты	Всего
		Все результаты в CO ₂ -экв./ МДж ГРМ		
Транспортировка зерна (грузовик)		0,48	0,29	
Транспортировка зерна (грузовик)	61,3%	2,98	1,83	
Транспортировка зерна (морская)	61,3%	6,50	3,98	
Транспортировка масла абиссинской горчицы	61,3%	0,07	0,07	
Транспортировка масла абиссинской горчицы	100,0%	2,91	2,91	
Транспортировка ГРМ	100,0%	0,41	0,41	
в хранилище				
Транспортировка на заправочную станцию	100,0%	0,74	0,74	
E _д транспортировки				8,4

Как описано ранее, косвенные изменения в землепользовании могут вносить значительный вклад в выбросы ПГ в пути биотоплива и учитываются в модели BioGrace как потенциальный источник выбросов парниковых газов (ПГ), которые могут быть добавлены к вышеупомянутым фазам. Однако в способе выращивания абиссинской горчицы по настоящему изобретению косвенного изменения землепользования не происходит, поскольку выращивание абиссинской горчицы заменяет период парования в севообороте и не вытесняет никакую другую культуру.

Модель BioGrace учитывает еще один фактор при расчете чистого выброса ПГ - то есть ожидаемое сокращение выбросов ПГ, к которому может привести применение усовершенствованных методов управления земельными ресурсами для возделывания биоэнергетической культуры по сравнению с существующей практикой. Сокращение выбросов, называемое E_{sca}, предполагает, что улучшенные методы управления земельными ресурсами приводят к увеличению поглощения углерода, таким образом компенсируя часть выбросов, производимых на этапах выращивания, обработки и транспортировки. В конкретном случае выращивания абиссинской горчицы, как описано в настоящем документе, ожидается дополнительное сокращение выбросов в связи с переходом от глубокой вспашки почвы к обработке почвы без вспашки и замене парования покровной культурой, которая возвращает большую часть своей биомассы обратно в почву. Модель BioGrace количественно определяет и присваивает значение E_{sca} на основе этих улучшений, которое затем вычитают из чистых выбросов всего пути (табл. 23).

Таблица 23

Сумма выбросов, связанных с путем (производство биотоплива
ГРМ из масла абиссинской горчицы)

	Всего	
Все результаты в г CO ₂ -экв./ МДж ГРМ	Ферма 1	Ферма 2
E _{сс} выращивания	31,5	58,0
E _р обработки	13,3	13,3
E _{тд} транспортировки	8,3	8,4
Бонус или E _{sca}	(67,3)*	(76,2)*
Всего	(14,2)*	3,5

*цифры в скобках являются отрицательными

В табл. 23 также обобщены выбросы парниковых газов, рассчитанные для всех путей от масла абиссинской горчицы до ГРМ, когда абиссинскую горчицу производили на ферме 1 и ферме 2. Поскольку обе фермы, расположенные на одной и той же почве и в одинаковых климатических зонах, находятся в географической близости друг к другу, и культуру обрабатывают идентично до одной и той же конечной точки, из этого следует, что этапы обработки и транспортировки будут очень схожи с точки зрения выбросов. Как можно видеть, единственная фаза, которая показывает разницу в выбросах между ними, является фазой выращивания и отражает различия в методах, применяемых на каждой ферме. К ним относятся различия в посевных площадях, нормах посева, уровнях использования ресурсов (особенно на основе азота), энергии, используемой при выращивании, и, в конечном итоге, урожайности. Тем не менее, как показано в табл. 24, результирующие выбросы ПГ в течение жизненного цикла для пути от абиссинской горчицы к ГРМ -14,2 г CO₂-экв./МДж (Ферма 1) и 3,5 г CO₂-экв./МДж (Ферма 2) значительно ниже, чем выбросы для жизненного цикла, связанные с путем производства дизельного топлива, полученного из нефти, при 83,8 г CO₂-экв./МДж (WTT Приложение 1, v.3, п.п.2.1 и 3; Z1), с обеспечением сокращения выбросов ПГ по сравнению с дизельным топливом на 96-117%.

Таблица 24

Снижение углеродоемкости (CI) и выбросов ПГ по сравнению с эталонным показателем использования ископаемого топлива

	Ископаемое топливо (дизель)	Биодизель из сырья, произведенного из зерна абиссинской горчицы	
		Ферма 1	Ферма 2
CI (г CO ₂ -экв./МДж)	83,8*	-14,2	3,5
Снижение выбросов ПГ	--	117%	96%

*DeJong et al., 2017

Пример 8. *Brassica carinata*, последовательно выращиваемая после сои в качестве зимнего покрова; влияние использования навоза на выбросы парниковых газов при выращивании. *Brassica carinata* выращивали последовательно в течение зимы 2015-2016 в качестве озимой покровной культуры, заменяя парование, на двух фермах в юго-восточной части США (ферма А, расположенная недалеко от Форт-Вэлли, штат Джорджия, и ферма В, расположенная вблизи Дублина, Джорджия). Этот регион относится к климатической зоне, классифицированной как зона с умеренным теплым влажным климатом, как описано выше и в табл. 2. Почвы, обнаруженные в этом регионе Джорджии, попадают в общую классификацию типов глинистых почв с низкой активностью (см. 2010/335/EU; Решение комиссии от 10 июня 2010 года "О руководящих принципах для расчета земельных углеродных запасов для целей Приложения V к Директиве 2009/28/ЕС"). Поля обеих ферм были засеяны *Brassica carinata* Avanza 641 в соответствии с процедурами, описанными в Руководстве по выращиванию Agrisoma для региона

(https://agrisoma.com/ckfinder/userfiles/files/2017_18_SE_Handbook.pdf);

конкретные подробности выращивания см. в табл. 25. Количества внесенных удобрений, используемых в обоих хозяйствах, перечислены в табл. 25 и основаны на результатах анализа почвы для определения количества добавленных питательных веществ для достижения рекомендуемых диапазонов, предложенных в руководстве производителя. В случае фермы А весь азот вносили в форме неорганического азотного удобрения, тогда как в ферме В использовали смесь неорганического азотного удобрения и навоза.

Чтобы обеспечить точную оценку всех выбросов ПГ, связанных с выращиванием абиссинской горчицы, руководители хозяйств регистрировали расход топлива всей сельскохозяйственной техникой, использованной во время выращивания и сбора урожая абиссинской горчицы (табл. 26). Полив в обоих местах был обеспечен путем комбинации естественных осадков, а также дополнительного орошения. По достижении зрелости семена собирали путем прямого скашивания комбайном, и практически все растительные материалы, кроме собранного зерна, были возвращены на поле. Урожай на единицу площади собранного зерна абиссинской горчицы (при заданном содержании влаги) с обоих хозяйств приведен в табл. 25.

Таблица 25

Подробности выращивания абиссинской горчицы (ферма А и ферма В)

Подробности выращивания			
Расположение		Форт Вэлли, ГА	Дублин, ГА
Предшествующая культура		Соя	Соя
Площадь посева абиссинской горчицы	га	35,64	17,82
Норма высева	кг/га	4,0	6,0
Урожай	кг/ га ⁻¹ год ⁻¹	1912,14	1754,81
Влажность зерна		8,2%	9,3%
Источники используемой энергии при выращивании			
	Единицы	Ферма А	Ферма В
Применение дизельного топлива	МДж га ⁻¹ год ⁻¹	858,93	862,24
Агрохимикаты			
N-удобрение (кг N)	кг N га ⁻¹ год ⁻¹	110,63	135,39
Навоз	кг N га ⁻¹ год ⁻¹	-	87,63
СаО- удобрение (кг СаО)	кг СаО га ⁻¹ год ⁻¹	-	-
К ₂ О-удобрение (кг К ₂ О)	кг К ₂ О га ⁻¹ год ⁻¹	-	-
Р ₂ О ₅ - удобрение (кг Р ₂ О ₅)	кг Р ₂ О ₅ га ⁻¹ год ⁻¹	-	-
Пестициды	кг га ⁻¹ год ⁻¹	3,54	4,14

Для расчета выбросов парниковых газов при культивировании абиссинской горчицы с использованием навоза и без него использовали модель BioGrace v.1.4 (<http://www.Biograce.net>), как описано в Примере 6, с использованием тех же принципов для учета для выбросов парниковых газов для использования ресурсов и топлива при выращивании и транспортировке. Однако для целей этого примера, хотя полученное сырье будет использоваться главным образом для производства ГРМ для применения с целью замены топлива в транспортных и авиационных видах топлива, модель BioGrace используют только для учета выбросов ПГ в фазе выращивания пути биотоплива на основе абиссинской горчицы, включая сбор урожая, сушку и транспортировку зерна к месту хранения, чтобы продемонстрировать потенциал культивирования абиссинской горчицы для снижения углеродоемкости в связанном пути биотоплива в условиях выращивания, где абиссинскую горчицу выращивают как зимнюю покровную культуру, заменяющую парование, на ферме в зоне умеренного теплого влажного климата, а также оценить влияние навоза, используемого на этапе выращивания, на углеродоемкость полученного биотоплива ГРМ. Тем не менее, для того, чтобы оценить выбросы ПГ последовательно и таким образом, чтобы это соответствовало функциональной единице, предполагаемый выход ГРМ для сокращенного пути был принят равным 0,58 МДж ГРМ/ МДж собранного зерна абиссинской горчицы. Коэффициент распределения для первых трех этапов производства масла абиссинской горчицы (выращивание, сушка и транспортировка зерна) составляет 0,613, как описано ранее.

Все выбросы, сведенные в таблицу во время фазы выращивания, сушки и транспортировки, были добавлены для получения общего значения выбросов (выраженного в виде углеродоемкости) для фазы выращивания (см. табл. 26 для выбросов фазы выращивания для фермы А и фермы В). Как описано ранее, для этапов выращивания, сушки и транспортировки зерна к выбросам применяют коэффициент распределения, чтобы учесть тот факт, что фракция масла абиссинской горчицы составляет 63% энергии семян и представляет собой фракцию, которую уникально перерабатывают в ГРМ. Таким образом, вплоть до момента, когда масло абиссинской горчицы извлекают из зерна, произведенные выбросы умножают на упомянутый коэффициент распределения, чтобы получить так называемые распределенные выбросы для каждого из этапов выращивания, сушки и транспортировки зерна (см. табл. 27).

Таблица 26

Выбросы в результате выращивания абиссинской горчицы
без навоза (ферма А) или с навозом (ферма В)

	Ферма А, выбросы в CO ₂ -экв	Ферма В, выбросы в CO ₂ -экв
	Все значения в г CO ₂ -экв /МДж ГРМ	
Выращивание		
Расход дизельного топлива	2,77	3,07
N удобрение (неорганическое)	23,93	32,31
Навоз*	НП	0
Пестициды	1,59	1,84
Посевной материал	0,11	0,17
N ₂ O полевые выбросы	34,13	66,48
Подитог выращивания	62,52	103,87
Сушка зерна	0,70	0,71
Транспортировка зерна	1,26	1,69

*Использование навоза не приведет к прямым выбросам из-за производства, но приведет к косвенным выбросам (учитываются при расчете выбросов N₂O в полевых условиях)

Таблица 27

Выбросы в результате выращивания абиссинской горчицы без
навоза (ферма А) или с навозом (ферма В)

	Коэффициент распределения	Ферма А, Не- распределенные выбросы	Ферма А распределенные выбросы	Ферма В, Не- распределенные выбросы	Ферма В распределенные выбросы
	Все значения в г CO ₂ -экв /МДж ГРМ				
Выращивание	61,3%	62,52	38,29	103,87	63,62
Сушка	61,3 %	0,70	0,43	0,71	0,43
Транспортировка	61,3%	1,26	0,77	1,69	1,03
Всего			39,49		65,08

Модель BioGrace учитывает еще один фактор при расчете чистых выбросов ПГ, то есть ожидаемое сокращение выбросов ПГ, которое может быть получено в результате применения усовершенствованных методов управления земельными ресурсами во время выращивания биоэнергетической культуры по сравнению с базовой ситуацией, когда используемые методы управления не были изменены. Сокращение выбросов, называемое E_{sca}, предполагает, что усовершенствованные методы управления земельными ресурсами приводят к увеличению фиксации углерода на управляемых землях, что компенсирует часть выбросов, производимых на этапах выращивания, обработки и транспортировки пути. В конкретном случае выращивания абиссинской горчицы, как описано в настоящем документе, ожидается дополнительное сокращение выбросов в связи с переходом от средней вспашки почвы к менее глубокой вспашке почвы, заменой парования почвопокровной культурой, которая возвращает большую часть своей биомассы обратно в почву при сборе урожая, а также использованием навоза, который также способствует сохранению углерода в почве. Модель BioGrace дает количественную оценку и присваивает значение E_{sca} в единицах тонн CO₂, возвращаемого в почву/га/год, на основании этих улучшений (см. Значения E_{sca} в табл. 28 для фермы А и в табл. 29 для фермы В). Впоследствии это преобразуют в тонны CO₂, возвращаемого в почву/МДж произведенного биотоплива ГРМ, что служит для сокращения чистых выбросов всего пути.

Таблица 28

Изменения содержания органического углерода в почве в результате улучшения управления земельными ресурсами (ферма А - без применения навоза)

	Действительное землепользование	Эталонное землепользование	Ссылка
Климатический регион	Умеренный теплый влажный	Умеренный теплый влажный	Параграф 6.1, Решение комиссии
Тип почвы	Низкоактивная глина	Низкоактивная глина	Параграф 6.2, Решение комиссии
Обработка почвы	Неглубокая вспашка	Глубокая вспашка	Таблица 3, Решение комиссии
Уровень использования ресурсов	Высокий, без навоза	Средний	Таблица 3, Решение комиссии
SOC _{ST}	63 тонны C/га	63 тонн C/га	Таблица 1, Решение комиссии, с применением климатического региона и типа почвы
F _{LU}	0,69 тонн C/га	0,69 тонн C/га	Таблица 2, Решение комиссии
F _{MG}	1,08 тонн C/га	1,0 тонн C/га	Таблица 2, Решение комиссии
F _I	1,11 тонн C/га	1,0 тонн C/га	Таблица 2, Решение комиссии
SOC _i *	52,1 тонн C/га	43,5 тонн C/га	
E _{sca} **	1,583 тонн CO ₂ /га/год		
E _{sca} ***	58,23 г CO _{2экв} /МДж ГРМ		

*SOG= SOC_{ST} X F_{LU} X F_{MG} X F_I

**E_{sca} = (SOC_A - SOC_R)*3.664/20

*** г CO₂-экв./МДж произведенного ГРМ = тонны CO₂-экв./га/год X (10⁶ г/т)/МДж произведенного ГРМ/га/год, где МДж произведенного ГРМ/га/год = МДж произведенного рапса/га/год X 55.5% (расчетная эффективность преобразования пути)

Таблица 29

Изменения содержания органического углерода в почве в результате улучшенного управления земельными ресурсами (ферма В с применением навоза)

	Действительное землепользование	Эталонное землепользование	Ссылка
Климатический регион	Умеренный теплый влажный	Умеренный теплый влажный	Параграф 6.1, Решение комиссии
Тип почвы	Низкоактивная глина	Низкоактивная глина	Параграф 6.2, Решение комиссии
Обработка почвы	Неглубокая вспашка	Глубокая вспашка	Таблица 3, Решение комиссии
Уровень использования ресурсов	Высокий, без навоза	Средний	Таблица 3, Решение комиссии
SOC _{ST}	63 тонны C/га	63 тонн C/га	Таблица 1, Решение комиссии, с применением климатического региона и типа почвы
F _{LU}	0,69 тонн C/га	0,69 тонн C/га	Таблица 2, Решение комиссии
F _{MG}	1,44 тонн C/га	1,0 тонн C/га	Таблица 2, Решение комиссии
F _I	1,11 тонн C/га	1,0 тонн C/га	Таблица 2, Решение комиссии
SOC _I *	67,6 тонн C/га	43,5 тонн C/га	
E _{sca} **	4,421 тонн CO ₂ /га/год		
E _{sca} ***	179,43 г CO ₂ экв./МДж ГРМ		

*SOG= SOC_{ST} X F_{LU} X F_{MG} X F_I

**E_{sca} = (SOC_A - SOC_R)*3.664/20

*** г CO₂-экв./МДж произведенного ГРМ = тонны CO₂-экв./га/год X (10⁶ г/т)/МДж произведенного ГРМ/га/год, где МДж произведенного ГРМ/га/год = МДж произведенного рапса/га/год X 55.5% (расчетная эффективность преобразования пути)

Как видно из табл. 30, выбросы CO₂-экв. на МДж произведенного ГРМ на этапах выращивания, сушки и отгрузки зерна для обеих ферм, являются отрицательными (то есть -18,7 т CO₂-экв./МДж произведенного ГРМ для Фермы А, и -114,35 т CO₂-экв./МДж ГРМ, произведенного для Фермы В), что указывает на то, что выращивание абиссинской горчицы в условиях и при способах, описанных в настоящем документе, привело к чистому сокращению CO₂-экв. атмосферы, соответственно, по существу за счет увеличения уровней органического углерода в почве из-за чистого включения углеродосодержащих остатков урожая, опавших листьев и корневого материала, снижения потерь углерода в почве за счет использования уменьшенной обработки почвы и, в случае с фермой В, за счет улучшения структуры почвы и фиксации углерода путем использования навоза.

Таблица 30

Сумма выбросов, связанных с путем производства (продукция ГРМ из сырья абиссинской горчицы) без навоза (Ферма А) или с навозом (Ферма В)

	Выбросы на ферме А Распределенные результаты	Выбросы на ферме В Распределенные результаты
	Все результаты в г CO ₂ -экв./МДж ГРМ	
Выращивание	38,29	63,62
Плюс сушка	0,43	0,43
Плюс транспортировка	0,77	1,03
Снижение E _{sca}	(58,23)*	(179,43)*
Всего	(18,74)*	(114,35)*

*Цифры в скобках являются отрицательными.

Как видно из табл. 26, использование навоза на ферме В влечет за собой значительное увеличение выбросов CO₂-экв., связанных с прямыми и косвенными выбросами N₂O. Действительно, рассматривая только вклад этапов выращивания, сушки и транспортировки зерна, ферма 2 демонстрирует в 1,65 раза более высокий уровень выбросов CO₂-экв., чем ферма А. Однако это более чем компенсируется увеличением в 2,8 раза ежегодной фиксации углерода в почве, наблюдаемым для фермы В, по сравнению с фермой А (см. табл. 28 и 29). Таким образом, в тех случаях, когда фермер, возможно, пожелает выращивать абиссинскую горчицу в почвах с относительно низкой плодородностью (особенно в том, что касается уровня азота), фермеру явно выгодно использовать навоз в качестве замены неорганических удобрений (особенно неорганического азота) для достижения требуемых уровней плодородия и максимального урожая абиссинской горчицы, поскольку можно компенсировать и дополнительно снижать уровни выбросов парниковых газов из-за положительного воздействия применения навоза на накопление углерода в почве.

Хотя текущий анализ рассматривает только часть пути биотоплива ГРМ, для специалиста в данной области техники очевидно, что применение описанных здесь оптимальных методик для выращивания абиссинской горчицы с получением исходного сырья для производства ГРМ и биотоплива с низкой углеродоемкостью позволит применить значительные сокращения начислений на этапах выращивания, сушки и транспортировки зерна абиссинской горчицы к выбросам, произведенным на более поздних этапах пути (например, экстракции масла, транспортировки и хранения исходного масла, конверсии исходного сырья в на ГРМ, транспортировки ГРМ для хранения и распределения). Действительно, если методики, описанные для фермы В, будут применены к пути производства ГРМ, описанному в Примере 7, чистая отрицательная углеродоемкость для всего пути производства ГРМ будет легко достигнута. Чем большая отрицательная углеродоемкость может быть достигнута на этапах выращивания, сушки и транспортировки зерна, тем больший диапазон вариантов транспортировки для сырья и ГРМ может быть рассмотрен при одновременной минимизации общих выбросов парниковых газов на пути биотоплива.

Пример 9. Потенциал снижения выбросов ПГ для биотоплива с низкой углеродоемкостью, изготовленного из сырья, полученного в результате последовательного выращивания *Brassica carinata* в качестве зимнего покрова после злаков (кукурузы) в тропическом влажном климате (Флорида/ЮВ США). Этот пример демонстрирует снижение выбросов ПГ, достигаемое во время культивирования абиссинской горчицы, последовательно выращиваемой в качестве покровной культуры в зоне тропического влажного климата, примером чего является производство абиссинской горчицы после зерновых в Северной Флориде (описанное ранее в Примере 2). Как и в предшествующих примерах, выбросы, вызванные выращиванием абиссинской горчицы в качестве урожая озимого покрова после кукурузы в зоне тропического влажного климата, были рассчитаны с использованием модели BioGrase, исходя из ГРМ в качестве конечного продукта, и суммированы в табл. 31 как г CO₂-экв./МДж произведенного ГРМ. Выбросы, связанные с выращиванием и сбором урожая, сушкой и транспортировкой зерна, были сведены в таблицу до и после применения коэффициента распределения, который используется для учета того факта, что только масляная часть зерна вносит вклад в выбросы ПГ в этой части пути биотоплива. Как можно видеть, после применения коэффициента распределения было установлено, что общие выбросы при выращивании, сушке и транспортировке зерна составляют 47,9 г CO₂-экв./МДж произведенного ГРМ.

Таблица 31

Выбросы в результате выращивания абиссинской горчицы

	Коэффициент распределения	Не-распределенные результаты	Распределенные результаты	Всего
		Все результаты в CO ₂ -экв./ МДж ГРМ		
Выращивание абиссинской горчицы	61,3%	77,18	43,72	
Сушка абиссинской горчицы	61,3%	0,97	0,59	
E _{сс} выращивания				47,9
Транспортировка зерна (грузовик)	61,3%	0,20	0,12	
E _{td} транспортировки				0,12

Табл. 32 суммирует преимущества, которые могут быть получены благодаря применению севооборота кукурузы и абиссинской горчицы и связанного с этим улучшения практики земледелия. Модель BioGrace сравнивает накопление углерода в почве до и после применения новой сельскохозяйственной практики. В базовой ситуации почву обрабатывают неглубокой вспашкой, а затем поддерживают в условиях парования, в то же время используя низкие уровни ресурсов, тогда как в модифицированной ситуации покровную культуру абиссинской горчицы выращивают в условиях без вспашки и высоких уровней используемых ресурсов. Конечным результатом этого изменения на практике является значительный ежегодный чистый вклад углерода в существующие запасы почвы вследствие возврата накопленного углерода из растительных остатков и корневого материала, остающегося после сбора урожая. Модель BioGrace прогнозирует чистое увеличение почвенного углерода, выраженное в 1,02 т CO₂/га/год, за счет выращивания абиссинской горчицы в соответствии с улучшенными методами управления земельными ресурсами по сравнению с исходной практикой. Поскольку углерод в основном происходит из растений за счет фотосинтетической фиксации атмосферного CO₂, это представляет собой чистое удаление CO₂ из атмосферы и фиксацию в почве. Чистое сокращение выбросов ПГ также может быть выражено относительно количества произведенного ГРМ, 36,59 г CO₂-экв./МДж ГРМ, и этот бонус или значение E_{sca} можно использовать для компенсации выбросов ПГ, которые образуются в течение всего пути биотоплива. Это показано в табл. 33, где значения E_{sca} вычитают из чистого выброса, полученного в результате выращивания, сушки и транспортировки зерна. Как можно видеть, чистые выбросы ПГ в размере 11,42 г CO₂-экв./Дж ГРМ получают после вычитания фактора E_{sca}. В отличие от некоторых из приведенных выше примеров выращивания абиссинской горчицы, углеродоемкость пути, включающего выращивание абиссинской горчицы в качестве озимого пара после кукурузы в зоне тропического влажного климата, сушку и транспортировку собранного зерна в пункты сбора, остается положительной даже после вычитания бонуса E_{sca}, указывая на то, что высвобождаются чистые выбросы ПГ. Частично это связано с высоким уровнем азота, используемого при выращивании абиссинской горчицы в данном исследовании, и связанный с этим вклад в выбросы парниковых газов в полевых условиях на этапе выращивания.

Однако, если ввод азота можно было бы уменьшить на 50% (то есть с 141 кг/га до 70 кг/га) без существенного влияния на урожайность абиссинской горчицы (низкое использование азота), выбросы ПГ на этапе выращивания могли бы быть уменьшены с 47,9 г CO₂-экв./МДж ГРМ до 30,1 г CO₂-экв./МДж ГРМ (табл. 33) из-за сокращения выбросов в течение жизненного цикла, связанных с производством азотных удобрений, а также сокращения выбросов в полевых условиях. Когда учитывается транспорт и E_{sca}, выбросы становятся отрицательными (-6,4 г CO₂-экв./МДж ГРМ), что указывает на чистое снижение атмосферных уровней CO₂ в результате выращивания абиссинской горчицы, которое можно использовать для компенсации выбросов для других фаз пути биотоплива. Этот пример иллюстрирует, как максимизация эффективности использования азота при выращивании абиссинской горчицы может существенно повлиять на сокращение выбросов парниковых газов, связанных с производством биотоплива с низкой углеродоемкостью.

Таблица 32

Сокращение выбросов в результате улучшенного управления земельными ресурсами

	Фактическое землепользование	Эталонное землепользование	Ссылка
Климатический регион	Тропический влажный	Тропический влажный	Параграф 6.1, Решение комиссии
Тип почвы	Песчаная	Песчаная	Параграф 6.2, Решение комиссии
Обработка почвы	Без вспашки	Неглубокая вспашка	Таблица 3, Решение комиссии
Уровень использования ресурсов	Высокий, без навоза	Низкий	Таблица 3, Решение комиссии
SOC _{ST}	39 тонн С/га	39 тонны С/га	Таблица 1, Решение комиссии, с применением климатического региона и типа почвы
F _{LU}	0,48 тонн С/га	0,48 тонн С/га	Таблица 2, Решение комиссии
F _{MG}	1,22 тонн С/га	1,15 тонн С/га	Таблица 2, Решение комиссии
F _I	1,11 тонн С/га	0,92 тонн С/га	Таблица 2, Решение комиссии
SOC _i *	25,4 тонн С/га	19,8 тонн С/га	
E _{sca} **	1,02 тонн CO ₂ /га/год		
E _{sca} ***	36,59 г CO ₂ экв./МДж ГРМ		

$$SOC_i = SOC_{ST} \times F_{LU} \times F_{MG} \times F_I$$

$$**E_{sca} = (SOC_A - SOC_R) \times 3.664/20$$

*** г CO₂-экв./МДж произведенного ГРМ = тонны CO₂-экв./га/год X (10⁶ г/т)/МДж произведенного ГРМ/га/год, где МДж произведенного ГРМ/га/год = МДж произведенного рапса/га/год X 55.5% (расчетная эффективность преобразования пути)

Таблица 33

Выбросы в результате выращивания абиссинской горчицы

Все результаты в г CO ₂ -экв./МДж ГРМ	Всего	
	110 кг/га неорганического N	55 кг/га неорганического N
E _{ec} выращивания	47,9	30,1
E _{td} транспортировки	0,12	0,12
Бонус или E _{sca}	(36,6)*	(36,6)*
Итого	11,42	(6,4)*

*цифры в скобках являются отрицательными

Пример 10. Выбросы парниковых газов в результате выращивания *Brassica carinata* в качестве летнего покрова после бобовых (чечевицы) в умеренном холодном сухом климате. Этот пример демонстрирует снижение выбросов парниковых газов, достигаемое при использовании абиссинской горчицы в качестве летней покровной культуры, выращиваемой для получения сырья для производства биотоплива. Как и в предшествующих примерах, выбросы, обусловленные выращиванием абиссинской горчицы в качестве летнего покровного урожая после чечевицы в зоне с умеренным холодным сухим климатом, рассчитывают с использованием модели BioGrace, принимая ГРМ в качестве конечного продукта, как описано ранее, и данные суммированы в табл. 34 (Сценарий 1 использования неорганического азота с 110 кг/га) и табл. 35 (Сценарий 2 использования неорганического азота с 55 кг/га) в виде г CO₂-экв./МДж произведенного ГРМ. Выбросы, связанные с выращиванием и сбором зерна, сушкой и транспортировкой зерна, сведены в таблицу до и после применения коэффициента распределения, который используется для учета того факта, что только масляная часть зерна вносит вклад в выбросы ПГ в этой части пути биотоплива. Как видно из сравнения данных в табл. 34 и 35, выбросы ПГ при сушке и транспортировке зерна идентичны для обоих сценариев использования азота, но существенно различаются для фазы выра-

щивания, причем сценарий 2 показывает значительно более низкие выбросы, прогнозируемые моделью BioGrase. Это отражает более низкие полевые выбросы, обусловленные меньшим количеством азотных удобрений, применяемым для культуры. Таким образом, более низкая потребность в азотных удобрениях в сочетании со способностью поддерживать урожай является ожидаемой выгодой от использования чечевицы и других видов зернобобовых культур в севооборотах с абиссинской горчицей и дает дополнительные преимущества в виде значительного сокращения выбросов парниковых газов во время выращивания.

Таблица 34

Выбросы в результате выращивания абиссинской горчицы (сценарий 1)

	Коэффициент распределения	Не-распределенные результаты	Распределенные результаты	Всего
		Все результаты в CO ₂ -экв./ МДж ГРМ		
Выращивание абиссинской горчицы	61,3%	61,1	37,4	
Сушка абиссинской горчицы	61,3%	1,02	0,62	
E _{св} выращивания				38,1
Транспортировка зерна (грузовик)	61,3%	0,61	0,37	
E _д транспортировки				0,37

Таблица 35

Выбросы, связанные с выращиванием абиссинской горчицы (сценарий 2)

	Коэффициент распределения	Не-распределенные результаты	Распределенные результаты	Всего
		Все результаты в CO ₂ -экв./ МДж ГРМ		
Выращивание абиссинской горчицы	61,3%	40,4	24,8	
Сушка абиссинской горчицы	61,3%	1,02	0,62	
E _{св} выращивания				25,4
Транспортировка зерна (грузовик)	61,3%	0,61	0,37	
E _д транспортировки				0,37

В табл. 36 обобщены преимущества, которые могут быть получены в результате принятия севооборота чечевицы/абиссинской горчицы и связанного с этим улучшения практики землепользования. Модель BioGrase сравнивает накопление углерода в почве до и после применения новой сельскохозяйственной практики. В исходной ситуации землю оставляют под паром и используют низкий уровень вводимых ресурсов, в то время как в измененной ситуации выращивают покровную культуру абиссинскую горчицу. Хотя это влечет за собой применение большего количества ресурсов, чистым результатом выращивания абиссинской горчицы является значительный ежегодный чистый вклад углерода в существующие почвенные запасы из-за возврата накопленного углерода из растительных остатков и корневого материала, возвращенного после сбора урожая. Модель BioGrase прогнозирует чистое увеличение содержания углерода в почве, выраженное в 0,73 т CO₂/га/год в результате выращивания абиссинской горчицы, по сравнению с базовым уровнем. Поскольку углерод преимущественно происходит из растений за счет фотосинтетической фиксации атмосферного CO₂, это представляет собой чистое удаление CO₂ из атмосферы и фиксацию в почве. Чистое сокращение выбросов парниковых газов также может быть выражено относительно количества произведенного ГРМ, 30,32 г CO₂-экв./МДж ГРМ, и этот бонус значения E_{ска} можно использовать для компенсации выбросов парниковых газов, которые образуются в ходе пути. Это показано в табл. 37, где показатели E_{ска} вычитают из чистого выброса, накопленного в результате выращивания, сушки и транспортировки зерна. Как видно из сценария 1 (высокая степень использования азота), чистый выброс ПГ в объеме 8,2 г CO₂-экв./МДж ГРМ получают после добавления фактора E_{ска}; однако в сценарии 2 (низкое использование азота) достигается чистое снижение выбросов ПГ 4,5 г CO₂-экв./МДж ГРМ. Эту отрицательную углеродоемкость можно использовать для компенсации выбросов, которые могут происходить на других этапах пути получения ГРМ, таких как обработка, рафинирование и гидроочистка масла абиссинской горчицы, что помогает снизить общие выбросы этого пути. Таким образом, повышение эффективности использования азота на этапе выращивания и совершенствование методов управления земельными ресурсами, связанных с выращиванием, может привести более отрицательной углеродоемкости для этой фазы пути, и позволяет значительно снизить общие выбросы ПГ на всем пути биотоплива.

Таблица 36

Улучшенное управление земельными ресурсами
(сценарий 1 и 2 для неорганического азота)

	Фактическое землепользование	Эталонное землепользование	Ссылка
Климатический регион	Умеренный холодный сухой	Умеренный холодный сухой	Параграф 6.1, Решение комиссии
Тип почвы	Высокоактивная глинистая	Высокоактивная глинистая	Параграф 6.2, Решение комиссии
Обработка почвы	Без вспашки	Без вспашки	Таблица 3, Решение комиссии
Уровень использования ресурсов	Высокий, без навоза	Низкий	Таблица 3, Решение комиссии
SOC _{ST}	50 тонн С/га	50 тонн С/га	Таблица 1, Решение комиссии, с применением климатического региона и типа почвы
F _{LU}	0,8 тонн С/га	0,8 тонн С/га	Таблица 2, Решение комиссии
F _{MG}	1,1 тонн С/га	1,1 тонн С/га	Таблица 2, Решение комиссии
F _I	1,1 тонн С/га	0,95 тонн С/га	Таблица 2, Решение комиссии
SOC _i *	45,8 тонн С/га	41,2 тонн С/га	
E _{sca} **	0,73 тонн CO ₂ /га/год		
E _{sca} ***	30,32 г CO ₂ -экв./МДж ГРМ		

$$*SOC_i = SOC_{ST} \times F_{LU} \times F_{MG} \times F_I$$

$$**E_{sca} = (SOC_A - SOC_R) \times 3.664/20$$

$$*** \text{ г CO}_2\text{-экв./МДж произведенного ГРМ} = \text{тонны CO}_2\text{-экв./га/год} \times (10^6 \text{ г/т})/\text{МДж произведенного ГРМ/га/год}, \text{ где МДж произведенного ГРМ/га/год} = \text{МДж произведенного рапса/га/год} \times 55.5\% \text{ (расчетная эффективность преобразования пути)}$$

Таблица 37

Выбросы, связанные с выращиванием абиссинской
горчицы с высоким (110 кг/га) и низким (55 кг/га) уровнем
использования неорганического N

Все результаты в г CO ₂ -экв. / МДж ГРМ	Всего	
	Высокий уровень N	Низкий уровень N
E _{св} выращивания	38,1	25,4
E _д транспортировки	0,37	0,37
Бонус или E _{sca}	(30,32)*	(30,32)*
Всего	8,2	(4,5)*

*цифры в скобках являются отрицательными.

Пример 11. Снижение выбросов ПГ за счет последовательного выращивания *Brassica carinata* в качестве зимнего покрова после бобовых (соя) в умеренном теплом влажном климате (Уругвай). Этот пример демонстрирует снижение выбросов ПГ, достигаемое при использовании абиссинской горчицы в качестве озимой покровной культуры, заменяющей пар, выращиваемой для получения сырья для производства биотоплива. Выбросы, связанные с выращиванием абиссинской горчицы в качестве последовательной культуры зимнего покрова после сои в зоне умеренного теплого влажного климата, были затем рассчитаны с использованием модели BioGrace, принимая ГРМ в качестве конечного продукта, как описано ранее, и суммированы в табл. 38 в виде г CO₂-экв./МДж произведенного ГРМ. Как описано выше, выбросы, связанные с выращиванием и сбором урожая, сушкой и транспортировкой зерна, были сведены в таблицу до и после применения коэффициента распределения, который используется для учета того факта, что только масляная часть зерна вносит вклад в выбросы ПГ в этой части пути биотоплива. Как можно видеть, после применения коэффициента распределения было установлено, что суммарные выбросы при выращивании, сушке и транспортировке зерна составляют 27,1 г CO₂-экв./МДж ГРМ.

Таблица 38

Выбросы, связанные с выращиванием абиссинской горчицы

	Коэффициент распределения	Не-распределенные результаты	Распределенные результаты	Всего
Все результаты в CO ₂ -экв./ МДж ГРМ				
Выращивание абиссинской горчицы	61,3%	41,49	25,44	
Сушка абиссинской горчицы	61,3%	0,55	0,34	
E _{св} выращивания				25,8
Транспортировка зерна (грузовик)	61,3%	2,19	1,34	
E _д транспортировки				1,3

В табл. 39 обобщены преимущества, которые могут быть получены в результате принятия севооборота соя/абиссинская горчица и связанного с этим улучшения методик управления земельными ресурсами. Модель BioGrace сравнивает накопление углерода в почве до и после применения новой сельскохозяйственной практики. В исходной ситуации землю оставляли под паром и использовали низкие уровни ресурсов, в то время как в модифицированной ситуации выращивали покровную культуру и применяли более высокие уровни ресурсов. Хотя это влечет за собой применение большего количества ресурсов, чистым результатом выращивания абиссинской горчицы является значительный ежегодный чистый вклад углерода в существующие почвенные запасы из-за возврата накопленного углерода из растительных остатков и корневого материала после сбора урожая. Модель BioGrace прогнозировала чистое увеличение углерода в почве, выраженное в 1,41 т CO₂/га/год в результате выращивания абиссинской горчицы, по сравнению с базовым сценарием. Поскольку углерод является преимущественно продуктом растений, полученным путем фотосинтетической фиксации атмосферного CO₂, это будет представлять собой чистое удаление атмосферного CO₂, фиксируемого в почве. Чистое сокращение выбросов ПГ было также выражено относительно количества произведенного ГРМ, 50,91 г CO₂-экв./МДж ГРМ, и этот бонус или значение E_{ска} затем использовали в модели BioGrace для компенсации выбросов ПГ, образующихся в ходе пути. Это показано в табл. 39, где значение E_{ска} было вычтено из чистого выброса, накопленного при выращивании, сушке и транспортировке зерна, что привело к отрицательному выбросу ПГ в 23,8 г CO₂-экв./МДж ГРМ. Другими словами, в условиях выращивания, использованных в этом исследовании, культивирование *Brassica carinata* для производства семян масличных культур может снизить уровни атмосферного CO₂. Эту отрицательную углеродоемкость можно использовать для компенсации выбросов, которые могут происходить на других этапах пути производства ГРМ, таких как обработка, рафинирование и гидроочистка масла абиссинской горчицы, что помогает снизить общие выбросы этого пути. На отрицательную углеродоемкость на этапе выращивания влияют такие факторы, как эффективность использования азота и улучшенные методы управления земельными ресурсами, связанные с выращиванием абиссинской горчицы.

Таблица 39

Улучшенное управление земельными ресурсами

	Фактическое землепользование	Эталонное землепользование	Ссылка
Климатический регион	Умеренный теплый влажный	Умеренный теплый влажный	Параграф 6.1, Решение комиссии
Тип почвы	Высокоактивная глинистая	Высокоактивная глинистая	Параграф 6.2, Решение комиссии
Обработка почвы	Без вспашки	Без вспашки	Таблица 3, Решение комиссии
Уровень использования ресурсов	Высокий, без навоза	Средний	Таблица 3, Решение комиссии
SOC _{ST}	88 тонн C/га	88 тонн C/га	Таблица 1, Решение комиссии, с применением климатического региона и типа почвы
F _{LU}	0,69 тонн C/га	0,69 тонн C/га	Таблица 2, Решение комиссии
F _{MG}	1,15 тонн C/га	1,15 тонн C/га	Таблица 2, Решение комиссии
F _I	1,11 тонн C/га	1,0 тонн C/га	Таблица 2, Решение

			КОМИССИИ
SOC _i *	77,5 тонн C/га	69,8 тонн C/га	
E _{sca} **	1,41 тонн CO ₂ /га/год		
E _{sca} ***	50,91 г CO ₂ -экв./МДж ГРМ		

*SOC_i=SOC_{ST} X F_{LU} X F_{MG} X F_I

**E_{sca}=(SOC_A-SOC_R) X 3.664/20

*** г CO₂-экв./МДж произведенного ГРМ = тонны CO₂-экв./га/год X (10⁶ г/т)/МДж произведенного ГРМ/га/год, где МДж произведенного ГРМ/га/год = МДж произведенного рапса/га/год X 55.5% (расчетная эффективность преобразования пути)

Таблица 40

Выбросы, связанные с выращиванием абиссинской горчицы

Все результаты в г CO ₂ -экв. / МДж ГРМ	Всего
E _{ec} выращивания	25,8
E _{td} транспортировки	1,3
Бонус или E _{sca}	(50,91)*
Всего	(23,81)*

*цифры в скобках являются отрицательными

Пример 12. Сокращение выбросов парниковых газов в результате последовательного выращивания *Brassica carinata* в качестве озимой покровной культуры после зерновых (пшеницы) в Новом Южном Уэльсе. Этот пример демонстрирует снижение выбросов ПГ, достигаемое с использованием абиссинской горчицы в качестве покровной культуры в зонах с умеренным теплым сухим и тропическим сухим климатом, представителем которых является пшеничный пояс Нового Южного Уэльса в восточных областях Австралии. Как и в предшествующих примерах, выбросы, вызванные последовательным выращиванием абиссинской горчицы в качестве озимой культуры после пшеницы в зоне умеренного теплого климата, рассчитывали с использованием модели BioGrace, принимая ГРМ в качестве конечного продукта, и данные суммированы в табл. 41 (с высоким уровнем использования неорганического азота) и в табл. 42 (с низким уровнем использования неорганического азота) в виде г CO₂-экв./МДж ГРМ. Выбросы, связанные с выращиванием и сбором зерна, сушкой и транспортировкой зерна, сведены в таблицу до и после применения коэффициента распределения, который используется для учета того факта, что только масляная часть зерна вносит вклад в выбросы ПГ в этой части пути биотоплива. Как можно видеть, после применения коэффициента распределения суммарные выбросы при выращивании, сушке и транспортировке зерна составляют 38,8 г CO₂-экв./МДж ГРМ, полученного в сценарии, где используют большое количество неорганического азотного удобрения при выращивании абиссинской горчицы, и 25,5 г CO₂-экв./МДж ГРМ, полученного в сценарии, где используют низкое количество неорганического азотного удобрения.

Таблица 41

Выбросы в результате выращивания абиссинской горчицы (высокий уровень неорганического азота)

	Не-распределенные результаты	Коэффициент распределения	Распределенные результаты	Всего
		Все результаты в CO ₂ -экв./ МДж ГРМ		
Выращивание абиссинской горчицы	59,71	61,3%	36,57	
Сушка абиссинской горчицы	1,57	61,3%	0,96	
E _{ec} выращивания				37,5
Транспортировка зерна (грузовик)	2,19	61,3%	1,34	
E _{td} транспортировки				1,3

Таблица 42

**Выбросы в результате выращивания абиссинской горчицы
(низкий уровень неорганического азота)**

	Не- распределенные результаты	Коэффициент распределения	Распределенные результаты	Всего
		Все результаты в CO ₂ -экв./ МДж ГРМ		
Выращивание абиссинской горчицы	38,01	61,3%	23,28	
Сушка абиссинской горчицы	1,57	61,3%	0,96	
E _{сс} выращивания				24,2
Транспортировка зерна (грузовик)	2,19	61,3%	1,34	
E _{ид} транспортировки				1,3

В табл. 43 обобщены преимущества, которые могут быть получены в результате применения севооборота пшеница/абиссинская горчица и связанного с этим улучшения методик землепользования в указанной климатической зоне и типах почв. Модель BioGrace сравнивает накопление углерода в почве до и после применения новой сельскохозяйственной практики. В базовой ситуации почву подвергают неглубокой вспашке, а затем поддерживают в условиях парования, в то же время используя низкие уровни ресурсов, тогда как в модифицированной ситуации покровную культуру абиссинской горчицы выращивают в условиях без вспашки и при использовании высоких уровней ресурсов. Конечным результатом этого изменения на практике является значительный ежегодный чистый вклад углерода в существующие запасы почвы вследствие возврата накопленного углерода из растительных остатков и корневого материала, остающегося после сбора урожая.

Модель BioGrace прогнозирует чистое увеличение углерода в почве, выраженное в 0,97 т CO₂/га/год, благодаря выращиванию абиссинской горчицы в соответствии с улучшенными методиками управления земельными ресурсами по сравнению с исходным уровнем. Поскольку углерод является преимущественно продуктом растений, полученным путем фотосинтетической фиксации атмосферного CO₂, это представляет собой чистое удаление CO₂ из атмосферы и фиксацию в почве. Чистое сокращение выбросов парниковых газов также может быть выражено относительно количества произведенного ГРМ, 35 г CO₂-экв./МДж ГРМ, и этот бонус или значение E_{sca} могут быть использованы для компенсации выбросов парниковых газов, которые образуются в течение всего пути биотоплива. Это показано в табл. 44, где значения E_{sca} вычитают из чистого выброса, накопленного при выращивании, сушке и транспортировке зерна. Как можно видеть в случае культивирования с высоким содержанием неорганического азота, чистый выброс ПГ, составляющий 3,8 г CO₂-экв./МДж ГРМ, получают после вычитания фактора E_{sca}. В отличие от других примеров культивирования абиссинской горчицы, углеродоемкость пути, включающего выращивание абиссинской горчицы в качестве озимого пара после пшеницы в зоне с умеренным теплым сухим/ тропическим сухим климатом, охватывающей Новый Южный Уэльс, с последующей сушкой и транспортировкой собранного зерна в пункты сбора, остается положительной даже после вычитания бонуса E_{sca}, указывая, что высвобождаются чистые выбросы ПГ. Отчасти это связано с высоким уровнем азота, используемого при выращивании абиссинской горчицы, что в данном исследовании является вкладом в полевые выбросы ПГ на этапе выращивания.

Таблица 43

Сокращение выбросов за счет улучшения управления земельными ресурсами

	Фактическое землепользование	Эталонное землепользование	Ссылка
Климатический регион	Умеренный теплый сухой/ Тропический сухой		Параграф 6.1, Решение комиссии
Тип почвы	Высокоактивная глинистая		Параграф 6.2, Решение комиссии
Обработка почвы	Без вспашки	Неглубокая вспашка	Таблица 3, Решение комиссии
Уровень использования ресурсов	Высокий, без навоза	Низкий	Таблица 3, Решение комиссии
SOC _{ST}	38 тонн С/га	38 тонн С/га	Таблица 1, Решение комиссии, с применением климатического региона и типа почвы
F _{LU}	0,8 тонн С/га	0,8 тонн С/га	Таблица 2, Решение комиссии
F _{MG}	1,1 тонн С/га	1,1 тонн С/га	Таблица 2, Решение комиссии
F _I	1,04 тонн С/га	0,95 тонн С/га	Таблица 2, Решение комиссии
			комиссии
SOC _i *	34,8 тонн С/га	29,5 тонн С/га	
E _{sca} **	0,97 тонн CO ₂ -экв./год		
E _{sca} ***	35 г CO ₂ -экв./МДж ГРМ		

$$*SOC_i = SOC_{ST} \times F_{LU} \times F_{MG} \times F_I$$

$$**E_{sca} = (SOC_A - SOC_R) \times 3.664/20$$

$$*** \text{ г CO}_2\text{-экв./МДж произведенного ГРМ} = \text{тонны CO}_2\text{-экв./га/год} \times (10^6 \text{ г/т})/\text{МДж произведенного ГРМ/га/год, где МДж произведенного ГРМ/га/год} = \text{МДж произведенного рапса/га/год} \times 55.5\% \text{ (расчетная эффективность преобразования пути)}$$

Если ввод азота может быть уменьшен на 50% (то есть с 110 кг/га до 55 кг/га) без существенного влияния на урожайность абиссинской горчицы (низкое использование азота), выбросы ПГ во время фазы культивирования могут быть уменьшены с 37,5 г CO₂-экв./МДж ГРМ до 24,2 г CO₂-экв./МДж ГРМ (табл. 44) из-за сокращения выбросов в течение жизненного цикла, связанных с производством азотных удобрений, а также сокращения полевых выбросов. При учете транспортировки и E_{sca} общие выбросы в сценарии с низким содержанием азота снижаются до -9,5 CO₂-экв./МДж ГРМ, что представляет собой чистое снижение атмосферных уровней CO₂ в результате выращивания абиссинской горчицы в этих условиях. Этот пример и предшествующий пример служат для иллюстрации того влияния, которое эти различия в типе почвы и климатическом регионе могут оказать на способность выращивания абиссинской горчицы и связанные с этим оптимальные методики для сокращения выбросов парниковых газов.

Таблица 44

Выбросы, связанные с выращиванием абиссинской горчицы

	Всего	
Все результаты в г CO ₂ -экв. / МДжГРМ	Высокий уровень неорганического N	Низкий уровень неорганического N
E _{сс} выращивания	37,5	24,2
E _{тд} транспортировки	1,3	1,3
Бонус или E _{sca}	(35)*	(35)*
Всего	3,8	(9,5)*

*цифры в скобках являются отрицательными.

Пример 13. Влияние использования навоза на выбросы и фиксацию парниковых газов во время выращивания *Brassica carinata*. Зимой 2016-2017 *Brassica carinata* выращивали на 13 независимых фермах, расположенных в центральной части штата Джорджия, США. Чтобы оценить приверженность экологически благоприятным методам, производство абиссинской горчицы на этих фермах было тщательно проверено. Данные, полученные об использовании энергии и выбросах ПГ для всех этапов процесса выращивания, были проанализированы с использованием электронной таблицы калькулятора выбросов ПГ биотоплива BioGrase, версия 4d, как описано в предшествующих Примерах. Особый интерес представляла оценка влияния использования навоза (в данном случае куриного помета) на уровни выбросов ПГ при выращивании абиссинской горчицы при использовании в качестве частичной или полной замены неорганического азота. Шесть из 13 ферм использовали навоз в качестве удобрения в сочетании с неорганическим азотом или, в одном случае, в качестве полной замены неорганического азота, в то время как

остальные использовали неорганический азот исключительно в своих смесях удобрений. Выращивание на всех фермах включало использование усовершенствованных методов управления земельными ресурсами, описанных в настоящем изобретении, в том числе неглубокую вспашку и использование абиссинской горчицы в качестве покровной культуры в севообороте с зерновыми культурами, бобовыми культурами, хлопком или кунжутом.

Табл. 45 суммирует данные, полученные на этих фермах. Для целей данного исследования предполагалось, что полученное зерно абиссинской горчицы обеспечит сырье для производства биодизеля ГРМ, и поэтому промежуточные расчеты ПГ для этого пути были нормализованы в отношении содержания энергии биодизеля ГРМ, как описано ранее. Выбросы в эквиваленте CO_2 были рассчитаны на основе данных о культивировании и включали выбросы в результате следующих этапов: производство сырья, использование топлива для сельскохозяйственных машин, производство коммерческих семян, используемых для начала выращивания, сушка семян и транспортировка семян. Прямые и косвенные выбросы от органического и неорганического азота, применяемого на поле, также были определены количественно и включены. В результате совершенствования практики управления земельными ресурсами и земледелием было предотвращено попадание в атмосферу некоторой части выбросов CO_2 , а вместо этого они были включены в пул органического углерода почвы, что позволило сократить чистые выбросы. Этот последний эффект, известный как E_{sca} , может быть определен количественно, как описано ранее, и затем вычтен из CO_2 -экв, произведенного вышеупомянутыми источниками, для получения чистого выброса при выращивании для каждой фермы. Как видно из табл. 45, все фермы производили отрицательные выбросы для фазы выращивания пути, что указывает на то, что выращивание абиссинской горчицы с использованием способов, описанных в настоящем изобретении, привело к чистому удалению атмосферного CO_2 . Фермы, использующие навоз в качестве источника питательных веществ, достигли более высокого снижения содержания CO_2 в атмосфере, чем те, которые используют только неорганические питательные вещества. Одной из причин этого можно видеть влияние использования навоза на накопление углерода в почве, где фермы, которые использовали навоз, продемонстрировали в несколько раз более высокий уровень накопления углерода в почве, чем фермы, использующие только неорганический азот.

В исследовании, описанном в данном документе, данные не были непосредственно получены на последних стадиях производственного пути ГРМ. Однако после объединения зерна можно считать, что последующие этапы пути будут общими для всех источников зерна. Выбросы, связанные с энергией, используемой при экстракции масла и преобразовании масляного сырья в биодизель ГРМ, хорошо изучены и в основном зависят от количества используемого сырья. Хотя расстояния и условия транспортировки, распределения и хранения сырья и готового топлива могут быть весьма изменчивыми, для целей этого примера расстояния по умолчанию и тип транспортного топлива были использованы для предоставления данных для расчета чистых выбросов для такого образца пути, и они были добавлены к вышеупомянутым фактическим данным о выбросах в фазе выращивания, ранее описанным, чтобы получить общую углеродоемкость для ГРМ, полученного в результате сельскохозяйственного производства абиссинской горчицы и исходного сырья абиссинской горчицы. Как видно из табл. 45, в большинстве случаев углеродоемкость ГРМ, образуемого этим путем, по умолчанию является отрицательной, что указывает на чистое снижение атмосферных уровней ПГ по сравнению с производством дизеля из ископаемого топлива. Наибольшая выгода от сокращения выбросов ПГ достигается за счет сырья, полученного на фермах с использованием навоза на этапе выращивания.

Ясно, что чем больше человек способен снизить выбросы CO_2 -экв в фазе выращивания, благодаря описанным здесь усовершенствованным методикам, включая использование практик с неглубокой вспашкой или беспашотных практик, уменьшение орошения, а также использование навоза, тем больше можно компенсировать выбросы, возникающие на последующих этапах пути, не связанных с выращиванием, которые в большей степени зависят от переменных факторов расстояний и условий транспортировки, распределения и хранения сырья и готового топлива.

Влияние использования навоза на выбросы CO₂-экв. в результате выращивания абиссинской горчицы и углеродоемкость дизельного топлива ГРМ, произведенного с использованием исходного сырья абиссинской горчицы

Фермы ¹	Используемые ресурсы			Выращивание		СИ для превращения сырья в ГРМ	
	Азот навоза (кг/га)	Неорганический азот (кг/га)	%N из навоза	Чистые выбросы (г CO ₂ -экв./МДж ГРМ) ²	Накопление углерода почвы (тонны CO ₂ /га/г)	СИ ³ (г CO ₂ экв./МДж)	Снижение ПГ ^{3,4}
Ферма D	79	118	40	-219,9	4,421	-205,5	345%
Ферма M	70	134	34	-164	3,784	-149,5	278%
Ферма A	70	0	100	-151,4	3,784	-136,9	263%
Ферма K	70	134	34	-124	3,784	-109,5	231%
Ферма E	88	135	39	-114,4	4,421	-99,9	219%
Ферма L	70	90	44	-103,8	4,421	-89,5	207%
Ферма F	0	101	0	-57	1,583	-42,5	151%
Ферма J	0	125	0	-56,1	1,583	-41,7	150%
Ферма H	0	118	0	-38,4	1,583	-24	129%
Ферма G	0	137	0	-29,3	1,583	-14,8	118%
Ферма C	0	111	0	-18,8	1,583	-4,3	105%
Ферма B	0	179	0	-14,2	1,583	0,4	100%
Ферма I	0	125	0	-10,8	1,583	3,6	96%

¹ Все перечисленные хозяйства выращивали *Brassica carinata* в центральной части штата Джорджия зимой 2016-2017.

² Включает выбросы в CO₂-экв. от выращивания, сушки зерна и транспортировки зерна меньше значения E_{sca}, как описано в примере 8.

³ На основе пути, содержащего фактические данные о выращивании для каждой фермы, дополненные данными по выбросам по умолчанию при экстракции и переработке масла, а также смоделированными данными о выбросах при транспортировке, хранении и распределении масла и топлива.

⁴ На основе стандартного значения СИ для нефтяного дизельного топлива 83,8 CO₂-экв./МДж, согласно калькулятору выбросов BioGrace v. 1.4d.

Ссылки.

Alemaw, G. (1987). REVIEW ON BREEDING OF ETHIOPIAN MUSTARD (*Brassica carinata* A.BRAUN). 7th International Rapeseed Congress Poznan, Poland, May 11-14, 1987, Poznan, Poland, GCIRC.

Angus, J., J. Kirkegaard, M. Peoples, M. Ryan, L. Ohlander and L. Hufton (2011). A review of break-crop benefits of Brassicas. 17th Australian Research Assembly on Brassicas, Wagga Wagga, NSW, August 2011. Wagga Wagga, NSW, NSW DPI: 123-127.

Angus, J. F., J. A. Kirkegaard, J. R. Hunt, M. H. Ryan, L. Ohlander and M. B. Peoples (2015). "Break crops and rotations for wheat." *Crop and Pasture Science* 66(6): 523.

Blackshaw, R., E. Johnson, Y. Gan, W. May, D. McAndrew, V. Barthet, T. McDonald and D. Wispinski (2011). "Alternative oilseed crops for biodiesel feedstock on the Canadian prairies." *Canadian Journal of Plant Science* 91(5): 889-896.

Bouaid, A., Y. Diaz, M. Martinez and J. Aracil (2005). "Pilot plant studies of biodiesel production using *Brassica carinata* as raw material." *Catalysis Today* 106(1-4): 193-196.

Cardone, M., M. Mazzoncini, S. Menini, V. Rocco, A. Senatore, M. Seggiani and S. Vitolo (2003). "*Brassica carinata* as an alternative oil crop for the production of biodiesel in

Italy: agronomic evaluation, fuel production by transesterification and characterization." *Biomass and Bioenergy* 25(6): 623-636.

Cardone, M., M. V. Prati, V. Rocco, M. Seggiani, A. Senatore and S. Vitoloi (2002). "Brassica carinata as an alternative oil crop for the production of biodiesel in Italy: engine performance and regulated and unregulated exhaust emissions." *Environ Sci Technol* 36(21): 4656-4662.

DeJong, S., K. Antonissen, R. Hoefnagels, L. Lonza, M. Wang, A. Faaig, and M. Junginger (2017). "Life-cycle analysis of greenhouse gas emissions from renewable jet fuel production". *Biotechnol. Biofuels* 10: 64.

DeLucchi, M. A. (1991). *Emissions of Greenhouse Gases from the Use of Transportation Fuels and Electricity*. ANL/ESD/TM-22, Argonne National Laboratory. 1: 155.

Drenth, A. C., D. B. Olsen, P. E. Cabot and J. J. Johnson (2014). "Compression ignition engine performance and emission evaluation of industrial oilseed biofuel feedstocks camelina, carinata, and pennycress across three fuel pathways." *Fuel* 136(0): 143-155.

Drenth, A. C., D. B. Olsen and K. Denef (2015). "Fuel property quantification of triglyceride blends with an emphasis on industrial oilseeds camelina, carinata, and pennycress." *Fuel* 153: 19-30.

Duca, D., G. Toscano, G. Riva, C. Mengarelli, G. Rossini, A. Pizzi, A. Del Gatto and E. F. Pedretti (2015). "Quality of residues of the biodiesel chain in the energy field." *Industrial Crops and Products* 75: 91-97.

Gan, Y. T., C. A. Campbell, H. H. Janzen, R. Lemke, L. P. Liu, P. Basnyat and C. L. McDonald (2009). "Root mass for oilseed and pulse crops: Growth and distribution in the soil profile." *Can. J. Plant Sci.* 89: 883-893.

Gan, Y. T., C. A. Campbell, H. H. Janzen, R. L. Lemke, P. Basnyat and C. L. McDonald (2009). "Carbon input to soil from oilseed and pulse crops on the Canadian prairies." *Agriculture, Ecosystems & Environment* 132(3-4): 290-297.

Gasol, C., X. Gabarrell, A. Anton, M. Rigola, J. Carrasco, P. Ciria, M. L. Solano and J. Rieradevall (2007). "Life cycle assessment of a Brassica carinata bioenergy cropping system in southern Europe." *Biomass and Bioenergy* 31(8): 543-555.

Gasol, C. M., S. Martínez, M. Rigola, J. Rieradevall, A. Anton, J. Carrasco, P. Ciria and X. Gabarrell (2009). "Feasibility assessment of poplar bioenergy systems in the Southern Europe." *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 13(4): 801-812.

Gesch, R. W., T. A. Isbell, E. A. Oblath, B. L. Allen, D. W. Archer, J. Brown, J. L. Hatfield, J. D. Jabro, J. R. Kiniry, D. S. Long and M. F. Vigil (2015). "Comparison of several

Brassica species in the north central U.S. for potential jet fuel feedstock." *Industrial Crops and Products* 75b: 2-7.

Hay, R. K. M. (1995). "Harvest index: a review of its use in plant breeding and crop physiology." *Annals of Applied Biology* 126(1): 197-216.

Hume, D. J. and A. K. H. Jackson (1981). "Frost Tolerance in Soybeans1." *Crop Science* 21(5): 689-692.

Jobbagy, E. G. and R. B. Jackson (2000). "The Vertical Distribution Of Soil Organic Carbon And Its Relation To Climate And Vegetation." *Ecological Applications* 10(2): 423-436.

Johnson, E. N., S. S. Malhi, L. M. Hall and S. Phelps (2013). "Effects of nitrogen fertilizer application on seed yield, N uptake, N use efficiency, and seed quality of Brassica carinata." *Canadian Journal of Plant Science* 93(6): 1073-1081.

Kirkegaard, J. A. and M. Sarwar (1998). "Biofumigation potential of Brassicas." *Plant and Soil* 201(1): 71-89.

Lal, R. (2008). "Carbon sequestration." *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* 363(1492): 815-830.

Lal, R. (2008). *Crop Residues and Soil Carbon*. FAO Conservation Agriculture Carbon Offset Consultation: 1-14.

Mnzava, N. A. and R. R. Schippers. (2007). "Brassica carinata A.Braun.[Internet] Record from PROTA4U." *Plant Resources of Tropical Africa / Ressources végétales de l'Afrique tropicale*, from <https://www.prota4u.org/protav8.asp?h=M4&t=Brassica,carinata&p=Brassica+carinata#Synonyms>.

Nagaharu, U. (1935). "Genome analysis in Brassica with special reference to the experimental formation of *B. napus* and peculiar mode of fertilization." *Japanese Journal of Botany* 7: 389-452.

Neef, J., S. t. Buck, T. Gerlagh, B. Gagnepain, D. Bacovsky, N. Ludwiczek, P. Lavelle, G. Thonier, Y. Lechón, C. Lago, I. Herrera, K. Georgakopoulos, N. Komioti, H. Fehrenbach, A. Hennecke, M. Parikka, L. Kinning and P. Wollin (2012). *BioGrace Publishable final report* Institute for Energy and Environmental Research (IFEU): 28.

Newman, Y. C., D. L. Wright, C. Mackowiak, J. M. S. Scholberg, C. M. Cherr and C. G. Chambliss (2010 (revised)). *Cover Crops I. Extension and U. o. Florida*.

Nguyen, C. (2003). "Rhizodeposition of organic C by plants: mechanisms and controls." *Agronomie* 23: 375-396.

Pan, X., C. D. Caldwell, K. C. Falk and R. Lada (2012). "The effect of cultivar, seeding rate and applied nitrogen on Brassica carinata seed yield and quality in contrasting environments." *Canadian Journal of Plant Science* 92(5): 961-971.

Rahman, M. and M. Tahir (2010). "Inheritance of seed coat color of Ethiopian mustard (*Brassica carinata* A. Braun)." *Canadian Journal of Plant Science* 90(3): 279-281.

Seepaul, R., C. M. Bliss, D. L. Wright, J. J. Marois, R. Leon, N. Dufault, S. George and S. M. Olson (2015). *Carinata, the Jet Fuel Cover Crop: 2016 Production Recommendations for the Southeastern United States*. Agronomy Department, IFAS Extension and U. o. Florida, University of Florida. SS-AGR-384: 1-8.

Seepaul, R., S. George and D. L. Wright (2016). "Comparative response of *Brassica carinata* and *B. napus* vegetative growth, development and photosynthesis to nitrogen nutrition." *Industrial Crops and Products* 94: 872-883.

Sherwani, S. I., I. A. Arif and H. A. Khan (2015). *Modes of Action of Different Classes of Herbicides. Herbicides, Physiology of Action, and Safety*. A. Price, J. Kelton and L. Sarunaite. Rijeka, InTech: Ch. 08.

Shrestha, B. M., R. L. Desjardins, B. G. McConkey, D. E. Worth, J. A. Dyer and D. D. Cercowniak (2014). "Change in carbon footprint of canola production in the Canadian Prairies from 1986 to 2006." *Renewable Energy* 63: 634-641.

Wang, M. Q. (1996). *REET 1.0 -- Transportation fuel cycles model: Methodology and use*, ; Argonne National Lab., IL (United States): Medium: ED; Size: 74 p.

Wisner, R. (2010). *Corn and Soybean Availability for Biofuels in 2010-11*. AgMRC Renewable Energy & Climate Change Newsletter, Agricultural Marketing Resource Center 10.

Все публикации и патентные заявки, процитированные в этом описании, включены в настоящее изобретение посредством ссылки, как если бы каждая отдельная публикация или патентная заявка были специально и индивидуально указаны для включения в качестве ссылки. Ссылка на любую публикацию предназначена для ее раскрытия до даты ее подачи и не должна рассматриваться как признание того, что настоящее изобретение не имеет права предшествовать такой публикации в силу предшествующего изобретения.

Хотя вышеизложенное изобретение было описано в некоторых деталях в целях иллюстрации и примера для ясности понимания, специалистам в данной области техники очевидно, что в свете идей этого изобретения могут быть внесены определенные изменения и модификации, без отступления от сущности и объема прилагаемой формулы изобретения.

Следует отметить, что, как используется в данном описании и прилагаемой формуле изобретения, формы единственного числа включают ссылку на множественное число, если контекст явно не предписывает иное. Если не указано иное, все технические и научные термины, используемые в данном документе, имеют то же значение, которое обычно понимают специалисты в области техники, к которой относится это изобретение.

Выражение "и/или", используемое в данном документе в описании и в формуле изобретения, должно пониматься как означающее "один или оба" из элементов, соединенных таким образом, то есть элементов, которые в некоторых случаях присутствуют совместно, а в других случаях по отдельности.

Несколько элементов, перечисленных с помощью выражения "и/или", должны толковаться одинаково, то есть "один или несколько" элементов, соединенных таким образом. При желании могут присутствовать другие элементы, отличные от элементов, специально обозначенных в предложении "и/или", независимо от того, связаны они или не связаны с теми элементами, которые конкретно определены. Таким образом, в качестве неограничивающего примера, ссылка на "А и/или В", когда используется вместе с открытым выражением, таким как "содержащий", может ссылаться, в одном варианте осуществления, только на А (при необходимости включая элементы, отличные от В); в другом варианте осуществления только на В (при необходимости включая элементы, отличные от А); в еще одном варианте осуществления к А и В (при необходимости включая другие элементы); и т.д.

Используемый здесь в описании и формуле изобретения термин "или" следует понимать, как охватывающий то же значение, что и "и/или", как определено выше. Например, при разделении элементов в списке "или" или "и/или" следует интерпретировать как включающие, то есть с включением по меньшей мере одного, но также включающие более одного, из числа или списка элементов, и при необходимости,

дополнительные незарегистрированные элементы.

Как используется в настоящем изобретении, в описании или в прилагаемой формуле изобретения, переходные термины "содержащий", "включающий", "несущий", "имеющий", "вмещающий", "вовлекающий" и тому подобные следует понимать, как включающие или открытые (т.е. означать включающие, но не ограничивающие), и они не исключают неучтенные элементы, материалы или этапы способы. Только переходные фразы, "состоящие из" и "состоящие по существу из", соответственно, являются закрытыми или полужакрытыми переходными фразами по отношению к пунктам формулы изобретения и примерным вариантам осуществления настоящего изобретения. Переходная фраза "состоящий из" включает любой элемент, этап или ингредиент, который конкретно не указан. Переходная фраза "состоящий по существу из" ограничивает область применения указанными элементами, материалами или этапами, и теми, которые не оказывают существенного влияния на основную характеристику (характеристики) изобретения, раскрытого и/или заявленного в настоящем документе.

ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

1. Способ выращивания *Brassica carinata* с получением масличного сырья для производства биотоплива с низкой углеродоемкостью, включающий:

а) посев сорта *Brassica carinata* в качестве второй культуры в севообороте с первой культурой или для замены земли под пар и внедрение методик управления земельными ресурсами для сокращения использования ископаемых видов топлива и максимальной фиксации атмосферного углерода растительным материалом сорта *Brassica carinata*;

б) сбор урожая сорта *Brassica carinata* для получения зерна;

с) возврат примерно от 70 до 90% всего растительного материала из сорта *Brassica carinata*, кроме зерна, в почву;

д) обработку собранного зерна для извлечения масла;

е) использование масла в качестве сырья для производства биотоплива с низкой углеродоемкостью, которое имеет значение углеродоемкости, сниженное по меньшей мере на 20 г CO₂ экв./МДж произведенной энергии по сравнению со значением углеродоемкости соответствующего обычного топлива, полученного из ископаемого сырья.

2. Способ выращивания *Brassica carinata* с получением масличного сырья для производства биотоплива с низкой углеродоемкостью, включающий:

а) посев сорта *Brassica carinata* в качестве второй культуры в севообороте с первой культурой или для замены земли под пар и внедрение методик управления земельными ресурсами для сокращения использования ископаемых видов топлива и максимальной фиксации атмосферного углерода растительным материалом сорта *Brassica carinata*;

б) сбор урожая сорта *Brassica carinata* для получения зерна;

с) возврат примерно от 70 до 90% всего растительного материала из сорта *Brassica carinata*, кроме зерна, в почву;

где масло, извлеченное из собранного зерна, предназначено для использования в качестве сырья для производства биотоплива с низкой углеродоемкостью, которое имеет значение углеродоемкости, сниженное по меньшей мере на 20 г CO₂ экв./МДж произведенной энергии по сравнению со значением углеродоемкости соответствующего обычного топлива, полученного из ископаемого сырья.

3. Способ получения масличного сырья для биотоплива с низкой углеродоемкостью, включающий:

а) получение зерна, произведенного способом, включающим:

i) посев сорта *Brassica carinata* в качестве второй культуры в севообороте с первой культурой или для замены земли под пар и внедрение методик управления земельными ресурсами для сокращения использования ископаемых видов топлива и максимальной фиксации атмосферного углерода растительным материалом сорта *Brassica carinata*;

ii) сбор урожая сорта *Brassica carinata* для получения зерна;

iii) возврат примерно от 70 до 90% всего растительного материала из сорта *Brassica carinata*, кроме зерна, в почву; и

б) извлечение масла из собранного зерна для получения масличного сырья;

где биотопливо, полученное из масличного сырья, имеет значение углеродоемкости, которое снижено по меньшей мере на 20 г CO₂ экв./МДж произведенной энергии по сравнению со значением углеродоемкости соответствующего обычного топлива, полученного из ископаемого сырья.

4. Способ получения биотоплива с низкой углеродоемкостью, включающий:

а) получение масличного сырья, приготовленного способом, включающим:

i) посев сорта *Brassica carinata* в качестве второй культуры в севообороте с первой культурой или для замены земли под пар и внедрение методик управления земельными ресурсами для сокращения использования ископаемых видов топлива и максимальной фиксации атмосферного углерода растительным материалом сорта *Brassica carinata*;

ii) сбор урожая сорта *Brassica carinata* для получения зерна;

iii) возврат примерно от 70 до 90% всего растительного материала из сорта *Brassica carinata*, кроме зерна, в почву;

iv) извлечение масла из собранного зерна для получения масличного сырья; и

b) производство биотоплива с низкой углеродоемкостью из масличного сырья;

где биотопливо, полученное из масличного сырья, имеет значение углеродоемкости, которое снижено по меньшей мере на 20 г CO₂ экв./МДж произведенной энергии по сравнению со значением углеродоемкости соответствующего обычного топлива, полученного из ископаемого сырья.

5. Способ по любому из пп.1-4, в котором упомянутые методики управления земельными ресурсами включают одно или более из:

i) обработка без вспашки или сокращенная/уменьшенная вспашка почвы, при которой по меньшей мере 30% растительных остатков остается на поверхности почвы во время посева сорта *Brassica carinata*,

ii) использование менее 165 кг/га неорганического азотного удобрения для выращивания сорта *Brassica carinata*,

iii) использование навоза для обеспечения примерно от 20 до 100% общего количества азотного удобрения, применяемого для выращивания сорта *Brassica carinata*.

6. Способ по п.1 или 2, дополнительно включающий посев сорта *Brassica carinata* сразу после сбора урожая или одновременно со сбором урожая первой культуры для последовательного выращивания культур без промежуточного периода земли под паром.

7. Способ по п.3 или 4, где способ получения указанного зерна или указанного масличного сырья дополнительно включает посев сорта *Brassica carinata* непосредственно после сбора урожая или одновременно со сбором урожая первой культуры для последовательного выращивания урожая без промежуточного периода земли под паром.

8. Способ по любому из пп.1-4, где биотопливо с низкой углеродоемкостью имеет значение углеродоемкости, которое снижено примерно на 50-200 г CO₂ экв./МДж по сравнению со значением углеродоемкости соответствующего топлива, полученного из ископаемого сырья.

9. Способ по любому из пп.1-4, где биотопливо имеет значение углеродоемкости, которое снижено по меньшей мере на 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180, 200 г CO₂ экв./МДж произведенной энергии по сравнению со значением углеродоемкости соответствующего обычного топлива, полученного из ископаемого сырья.

10. Способ по любому из пп.1-9, где выбросы парниковых газов, возникающие в результате производства биотоплива с низкой углеродоемкостью в течение его производственного цикла, снижаются примерно на 60-400% по сравнению с выбросами парниковых газов, возникающими в результате производства соответствующего топлива из ископаемого сырья.

11. Способ по любому из пп.1-4, где мучную фракцию, остающуюся после извлечения масла из собранного зерна, используют для получения обогащенной белком кормовой добавки для животноводства.

12. Способ по п.1 или 2, дополнительно включающий посев новой культуры, которая может быть такой же, как первая культура, или отличаться от первой культуры, но которая не является *Brassica carinata*, сразу после или одновременно с уборкой урожая *Brassica carinata* без промежуточного периода земли под паром.

13. Способ по любому из пп.1-12, который фиксирует примерно от 0,5 до 5 т CO₂ на гектар в год в почве.

14. Способ по любому из пп.1-13, включающий снижение использования азотного удобрения, добавляемого экзогенно, до менее чем примерно 60% от общего количества азотного удобрения, используемого для выращивания сорта *Brassica carinata*.

15. Способ по любому из пп.1-14, где навоз представляет собой куриный помет, навоз крупного рогатого скота или навоз овец.

16. Способ по любому из пп.1-15, где первая культура представляет собой бобовую культуру.

17. Способ по п.16, где бобовая культура представляет собой арахис, сою, чечевицу, бобы или горох.

18. Способ по любому из пп.1-17, где первая культура представляет собой зерновую культуру.

19. Способ по п.18, где зерновой культурой является пшеница, ячмень, рожь, овес или кукуруза.

20. Способ по любому из пп.1-15, где первая культура представляет собой хлопок или кунжут.

21. Способ по любому из пп.1-20, где среда для выращивания находится в регионе с тропическим влажным климатом и где методики управления земельными ресурсами включают посев *Brassica carinata* осенью или зимой для сбора урожая весной или летом или посев *Brassica carinata* весной для сбора урожая осенью.

22. Способ по любому из пп.1-20, где среда для выращивания находится в регионе с тропическим, сухим климатом и где методы управления земельными ресурсами включают посев *Brassica carinata* осенью или зимой для сбора урожая весной или летом.

23. Способ по любому из пп.1-20, где среда для выращивания находится в регионе с умеренным холодным, сухим климатом и где методы управления земельными ресурсами включают посев *Brassica carinata* весной для сбора урожая летом или осенью.

24. Способ по любому из пп.1-20, где среда для выращивания находится в регионе с умеренным хо-

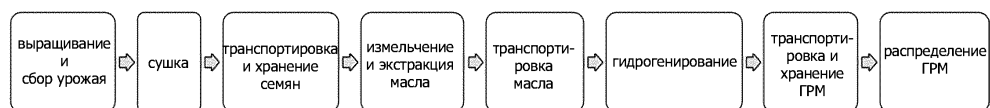
лодным, влажным климатом и где методы управления земельными ресурсами включают посев *Brassica carinata* весной для сбора урожая летом или осенью.

25. Способ по любому из пп.1-20, где среда для выращивания находится в регионе с умеренным теплым, влажным климатом и где методы управления земельными ресурсами включают посев *Brassica carinata* осенью или зимой для сбора урожая весной или летом.

26. Способ по любому из пп.1-20, где среда для выращивания находится в регионе с умеренным теплым, сухим климатом и где методы управления земельными ресурсами включают посев *Brassica carinata* осенью или зимой для сбора урожая весной или летом.

27. Способ по любому из пп.1-26, где сбор урожая осуществляют с помощью комбайна.

28. Способ по п.27, в котором сбор урожая осуществляют путем прямого комбайнирования.



Евразийская патентная организация, ЕАПВ

Россия, 109012, Москва, Малый Черкасский пер., 2