

Аннотация проекта (ПНИЭР), выполняемого в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014 – 2020 годы»

Номер соглашения о предоставлении субсидии (государственного контракта)
14.616.21.0013

Название проекта

Разработка технологии оценки и прогнозирования экологических эффектов выращивания лесных плантаций на основе биотехнологических форм деревьев с заданными свойствами (увеличенная скорость роста, усиленная ассимиляцией азота почвы, пониженное содержание лигнина, повышенное содержание целлюлозы).

Тематическое направление

Рациональное природопользование

Исполнитель

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт биоорганической химии им. академиков М.М.Шемякина и Ю.А. Овчинникова Российской академии наук

Цели и задачи исследования

Цель проекта: разработка метода использования трансгенных клонов осины и березы с заданными характеристиками в качестве биологических моделей, которые позволяли бы получать адекватные исходные данные для прогнозирования круговоротов азота и углерода на примере лесных экосистем. Данный метод предлагается использовать для оценки экологических эффектов лесных плантаций, созданных с использованием форм деревьев с заданными характеристиками (как трансгенных, так и нетрансгенных).

Задачи научных исследований и возможные пути их решения.

- Провести анализ растительных образцов (листьев, стеблей, корней) биотехнологических форм осины и березы с целью определения содержания азота, углерода, лигнинов, целлюлозы и пентозанов, а также провести расчет скоростей разложения по эмиссии углекислого газа и потере массы.
- Разработать прогнозные сценарии для различных сроков роста и способов эксплуатации лесных плантаций на основе метода использования трансгенных клонов осины и березы с заданными характеристиками в качестве биологических моделей при прогнозировании круговоротов азота и углерода в искусственных лесных экосистемах.
- Разработать математические модели для оценки и прогнозирования продуктивности древостоя, круговоротов азота и углерода в искусственных лесных экосистемах, созданных с использованием деревьев с заданными характеристиками.
- Разработать технологию оценки и прогнозирования экологических эффектов лесных плантаций, созданных на основе деревьев с заданными характеристиками.
- Разработать программный продукт (включая интернет-версию) для оценки и прогнозирования экологических эффектов лесных плантаций, созданных на основе деревьев с

заданными характеристиками.

Актуальность и новизна исследования

Оценка технических характеристик выполненной разработки по сравнению с продукцией мировых лидеров, имеющейся на рынке, подтверждает соответствие данной разработки мировому уровню в области получения трансгенных растений древесных пород с заданными характеристиками и превосходство над мировым уровнем в области математического моделирования круговорота азота и углерода в лесных экосистемах. Полученные результаты превышают мировой уровень работ в области моделирования последствий длительного выращивания деревьев на лесных плантациях целевого назначения, так как до настоящего времени модели с использованием деревьев с заданными характеристиками (повышенная продуктивность, усиленная ассимиляция азота, пониженное содержание лигнинов и/или гемицеллюлозы) не использовались.

Описание исследования

Разработанный нами метод разложения растительных остатков для использования в последующем моделировании обладает рядом преимуществ:

- высокая точность оценки скорости разложения, определяемая через эмиссию углекислого газа, анализируемой с помощью газового хроматографа;

- большая длительность эксперимента (один год), позволяющая оценить скорость разложения не только быстроразлагаемой, но и долгоразлагаемой фракции растительных остатков;

- нейтральный субстрат для разложения (песок), который в отличие от почвенного субстрата неопределенного состава позволяет сравнивать результаты различных экспериментов;

- несколько параметров физических условий разложения (температура и влажность) позволяет использовать полученные данные для моделирования в условиях изменяющегося климата;

- использование нескольких типов органов растений (листья или хвоя, стебли, корни) позволяет более точно оценить влияние растительного опада на плодородие почвы и круговорот азота и углерода.

Отличие разрабатываемой версии модели прогнозирования экологических эффектов от других моделей и ее преимущества при выполнении задач проекта заключается в следующем:

- модель разработана специально для лесных почв. Они характеризуются наличием специфических органических горизонтов – лесной подстилки. Сельскохозяйственные почвы таких горизонтов не имеют вследствие регулярной интенсивной распашки. Основные процессы по эмиссии диоксида углерода и высвобождению соединений азота, доступных для питания растений, происходят именно в лесной подстилке. Модель также может применяться для лугов и пастбищ;

- модель ориентирована на структуры входных данных, которые соответствуют материалам российской лесной таксации и почвенных исследований в лесных

экосистемах. Она также соответствует Европейскому стандарту данных лесного мониторинга ICPForest (Lorenz, 2010);

-структура модели позволяет оценивать скорости преобразования органического вещества почвы совместно с оценкой эмиссии диоксида углерода, доступных растениям соединений азота по лабораторным экспериментам с разложением опада в зависимости от температуры, влажности, химического состава (азота, лигнина и зольности), что позволит применить ее для уникальной задачи сравнения круговорота элементов в плантациях трансгенных деревьев;

-методика вычисления потока опадов является уникальной и позволяет анализировать в модели смешанные леса и местообитания с высоким биоразнообразием. Число анализируемых фракций опада в модели не ограничено. Она позволяет учесть не только изменение скорости роста, но и перераспределение прироста между различными органами дерева, в то время как все разработанные в мире модели динамики органического вещества почвы (OpВП) в качестве входного потока опадов используют сильно усредненные значения, что резко снижает точность прогноза.

Результаты исследования

Сформирован перечень критериев для проведения оценки и прогнозирования экологических эффектов влияния на окружающую среду трансгенных клонов осины и березы с заданными характеристиками в районах расположения лесных плантаций, которые будут определяться характером трансформации признаков, подвергавшихся модификации в сравнении с естественными видами аналогами. В данный перечень вошли следующие критерии: поддержание и приумножение лесных ресурсов, вклад лесов в глобальный круговорот углерода, сохранение почвенного плодородия лесных почв, сохранение почвозащитных и водоохраных свойств лесов.

Разработаны базовые региональные сценарии условий функционирования (сроки роста, способы эксплуатации) лесных плантаций, созданных с использованием трансгенных клонов осины и березы с заданными характеристиками в качестве биологических моделей прогноза круговорота азота и углерода в искусственных лесных экосистемах. При комбинировании возможных значений основных компонентов базовых региональных прогнозных сценариев: климатического, выпадения азота, лесохозяйственного и оборота рубки получено 36 базовых имитационных сценариев.

Проведен анализ методов и подходов оценки и прогнозирования экологических эффектов искусственных лесных экосистем.

Создан онлайн-репозиторий для обеспечения доступа к версиям прогнозных моделей. Зарегистрировано доменное имя ресурса www.forestbiotech.ru. Испытания работоспособности сервера доказали его соответствие всем требованиям, заданным техническим заданием.

Проведены калибровка и верификация математических моделей оценки и прогнозирования экологических эффектов лесных плантаций, созданных на основе деревьев с заданными характеристиками. Для верификации

разработанной ранее (в рамках Соглашения № 14.616.21.0013.) системы моделей EFIMOD-fbp-REG использованы данные региональных Таблиц хода роста и Таблиц биологической продуктивности древостоев, традиционно используемых в отечественном лесном хозяйстве для оценки основных лесотаксационных показателей. Уточнение параметров моделей выполнено по экспериментальным данным о росте биотехнологических форм осины и березы, созданных в группе лесной биотехнологии ФИБХ РАН. В соответствии с разработанными Программой и методиками выполнена серия исследовательских испытаний с использованием системы моделей EFIMOD-fbp-REG. Общее число проведенных компьютерных экспериментов (независимых прогонов моделей) составило 214. Рассмотрены 5 вариантов модельных сценариев для 3 региональных почвенно-климатических условий, благоприятных для произрастания березы и осины, включая сценарии для территорий стран ЕС (на примере Южной Финляндии).

Разработана технология оценки и прогнозирования экологических эффектов лесных плантаций, созданных на основе деревьев с заданными характеристиками.

Разработан Интернет-портал для обеспечения доступа к программному продукту для оценки и прогнозирования экологических эффектов лесных плантаций, созданных на основе деревьев с заданными характеристиками, включая учебное пособие по пользованию разработанной системой моделей.

Практическая значимость исследования

Результаты данного проекта могут быть использованы при проведении экологической экспертизы проектов по искусственным лесным насаждениям, а также для оценки экологических эффектов быстро растущих плантаций для целлюлозно-бумажных комбинатов и других предприятий лесоперерабатывающей промышленности.

Возможные потребители ожидаемых результатов, а также возможные пути и необходимые действия по доведению до потребителя ожидаемых результатов, в том числе на международной арене: предприятия лесной и деревообрабатывающей промышленности, природоохранные предприятия и территории, лесные хозяйства при закладках лесных плантаций и оценках экологической нагрузки от деятельности ЦБК, а также, экологические организации и научно-исследовательские институты.

Разработанная модель прогнозирования экологического эффекта лесных плантаций, создаваемых для нужд ЦБК с использованием деревьев для получения специально произведенной древесной биомассы (пониженное содержание лигнинов и/или гемицеллюлозы) позволит на научной основе проводить закладку данных плантаций, что позволит в соответствующем масштабе уменьшить вырубку естественных лесонасаждений.

Использование разработанной математической модели для применения на лесных плантациях целевого назначения, заложенных трансгенными деревьями с заданными характеристиками, позволит за счет более эффективного лесопользования и учета содержания питательных веществ в почве достичь значительного экономического эффекта.

Метод использования трансгенных клонов осины и березы с заданными характеристиками в качестве биологических моделей при прогнозировании

круговоротов азота и углерода в лесных экосистемах может быть применен для повышения точности прогнозирования круговорота азота и углерода в лесных насаждениях, в том числе и для прогнозирования в условиях меняющегося климата.

Создание интернет-портала позволит широкому кругу пользователей с помощью разработанной нами модели быстро оценивать и прогнозировать экологические эффекты на основе определённых экспериментальных данных.