

другие. Поэтому целесообразно дальнейшее развитие аналитической работы по отдельным проявлениям с повышенным содержанием редких и рассеянных элементов, то есть химико-технологических и других видов исследований.

Таким образом, в соответствии с проводимой Президентом страны политикой индустриализации экономики страны на основе инновационных технологий, регулярное и эффективное использование драгоценных редких и рассеянных элементов станет достойным вкладом в дальнейший подъем социально-экономического развития.

Список использованных источников

1. Венецкий С.И., О редких и рассеянных. // Москва, 1981.
2. Евжанов Х., Возможности переработки минеральных ресурсов ценных редких и рассеянных элементов Туркменистана. // Нефть, газ и минеральные ресурсы Туркменистана, №4 (47) 2019.
3. Аннабаев А., Краткий обзор современного состояния минерально-сырьевой базы полезных твердых полезных ископаемых Туркменистана. // Нефть, газ и минеральные ресурсы Туркменистана, №1 (40) 2018.
4. Евжанов Х., Переработка стронцийсодержащих промышленных вод и минералов. // Ашхабад, 1994.
5. Евжанов Х., Аннадурдыева.Дж.М., Местные редкие и рассеянные элементы промышленного значения. // Промышленность Туркменистана, №4 (47) 2023.

УДК 631.42: 631.588

Е.Б. Евсеев, А.И. Стасько, Д.Д. Панова,
Полесский государственный университет, Пинск,
Беларусь

МИСКАНТУС ГИГАНТСКИЙ НА РАЗНЫХ ТИПАХ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ РАДИОНУКЛИДАМИ

***Аннотация.** В статье рассмотрены вопросы обоснования и расширения исследований по оценке параметров перехода радионуклидов из разных типов почв*

в биомассу Мискантуса Гигантского. Разработана схема опыта, предложены схемы удобрения на разных типах почв. Выдвигается тезис, что применение данных схем опытов поможет оценить перспективы возделывания данной культуры на загрязненных радионуклидами землях.

E.B. Evseyev, A.I. Stasko, D.D. Panova,
Polesie State University,
Pinsk, Belarus

MISCANTHUS GIGANTUS IN DIFFERENT SOIL TYPES CONTAMINATED WITH RADIONUCLIDES

Abstract. *This article examines the rationale for and expansion of research on assessing the parameters of radionuclide transfer from different soil types to Miscanthus giganteus biomass. An experimental design has been developed, and fertilization schemes for different soil types are proposed. It is proposed that the application of these experimental designs will help assess the prospects for cultivating this crop on radionuclide-contaminated soils.*

Исторически сложившаяся проблема загрязнения большого количества земель Республики Беларусь в результате катастрофы на Чернобыльской АЭС до сих пор остается актуальной и создает необходимость исследования закономерностей депонирования радионуклидов в новых культурах, интродуцированных в отдаленный период после аварии. Авария оценивается как крупнейшая в своём роде за всю историю атомной энергетики, как по предполагаемому количеству погибших и пострадавших от её последствий людей, так и по экономическому ущербу[1].

Для выполнения одной из задач государственной политики по содействию восстановлению и ускоренному устойчивому социально-экономическому развитию пострадавших регионов при безусловном выполнении требований радиационной безопасности требуется новые культуры, способные стать кластерным сырьем для отраслей экономики, а так же способные к фиторемедиации загрязненных территорий.

Фиторемедиация при использовании Мискантуса Гигантского предполагает, извлечение радионуклидов из почвы в корневую систему. По данным совместных Польско-Украинских исследователей на территории Украины в Ровненской области в качестве эксперимента была высажена плантация мискантуса во второй зоне радиоактивного загрязнения: мискантус набирал максимум 50-60 Бк/кг цезия-137, при

том что допустимый уровень цезия-137 загрязнения достигает 600 Бк/кг. Т.е. по точечным литературным данным Мискантус обладает низкими коэффициентами перехода радионуклидов из почвы в биомассу растения[1].

Выращивание мискантуса позволит задействовать большие площади радиоактивно загрязненных земель для выращивания биотоплива и обеспечить людей работой.

Выращивание в Беларуси растений на энергетические цели наиболее перспективно в природно-климатических условиях Гомельской области. Климат Белорусского Полесья (южная агроклиматическая область) тёплый, неустойчиво-влажный, отличается большими перепадами температур и частыми засухами[2].

Наиболее перспективным, в этом отношении, растением является Мискантус (*Miscanthus* spp.), обладающий достаточно высоким адаптивным потенциалом. Его надземная целлюлозосодержащая биомасса относится к нетрадиционным возобновляемым источникам сырья и энергии, получение которых не требует значительных капитальных вложений.

В результате проведенного анализа литературных источников были выявлены большое количество преимуществ мискантуса: способность производственных плантаций произрастать на одном месте более 20 лет без существенного снижения продуктивности; способность длительное время произрастать на низкопродуктивных землях; является качественным сырьем при производстве целлюлозы, бумаги, этанола, упаковочных материалов и других ценных продуктов; применение мискантуса в качестве биоразлагаемого сорбента для борьбы с загрязнением территорий, в частности тяжелыми металлами, ликвидации разливов нефти и т.д.[3].

Одним из достоинств мискантуса является обеспечение его посадками положительного энергетического баланса и профицитного баланса гумуса. По данным В.А. Зинченко и М. Яшина (2011), урожай надземной биомассы этой культуры в 20 т/га может обеспечить столько же энергии, сколько производится из 12 т угля. При выращивании мискантуса уже на 5-й год в почве плантаций наблюдается увеличение (на 0,1-0,2 %) содержания гумуса [2]. Показано, что при выращивании мискантуса в течение 10 лет на почвах легкого гранулометрического состава содержание гумуса в почве возросло на 0,3-0,4 %, несмотря на интенсивное использование растениями почвенного мобильного азота, генерируемого соответствующими минерализационными процессами [1].

Определенную степень опасности может вызывать предположение об инвазивности исследуемой культуры. Однако известно, что инвазивность свойственна, прежде всего, растениям, размножающимся семенами. В этой связи, по мнению ряда авторов, мискантус не представляет инвазивной угрозы для сельскохозяйственных угодий [1].

На основании проведенного анализа большого числа литературных источников, выдвигается гипотеза о перспективе культивирования мискантуса на энергетические цели на землях загрязненных радионуклидами, в особенности на землях выведенных из оборота. На основании инвентаризации выведенных из оборота земель установлено, что в настоящее время в Гомельской области числятся выведенными из хозяйственного оборота около 202 тыс. га, в Могилевской – около 44 тыс. га.

В 2019 году Государственным природоохранным научно-исследовательским учреждением «Полесский государственный радиационно-экологический заповедник» (далее заповедник) была проведена закладка мелкоделяночного полевого эксперимента по оценке накопления ^{137}Cs и ^{90}Sr мискантусом гигантским сорт «Дружба-Автюки» на радиоактивно загрязненных землях с разной плотностью загрязнения почвы данными радионуклидами.

Однако для подтверждения полученных результатов требуется проведение и углубление исследований по накоплению ^{137}Cs и ^{90}Sr мискантусом при разной плотности загрязнения данными радионуклидами и трансурановыми радионуклидами, при разных уровнях минерального питания, различных почвенно-гидрологических условиях.

Для дальнейшего исследования предлагается закладка полевого стационарного опыта на землях заповедника:

1. Дерново-подзолистые, составляющие 29,1 % территории заповедника.
2. Дерново-подзолистые заболоченные, составляющие 21,1 % территории заповедника.
3. Дерново-заболоченные, составляющие 20,6 % территории заповедника.
4. Низинные торфяно-болотные, составляющие 14,9 % территории заповедника.
5. Аллювиальные дерновые, составляющие 12,5 % территории заповедника.

Предлагается три варианта опыта:

1. Контроль

2. Рекомендуемая схема удобрения для незагрязненных радионуклидами территорий $N_{80}P_{80}K_{90}$

3. Рекомендуемая схема удобрения для загрязненных радионуклидами территорий $N_{80}P_{80}K_{90}$

Предполагается, соблюдая методику полевого опыта по Доспехову, закладка вариантов в 3-х повторностях, размещение делянок рендомизированное. Каждая экспериментальная площадка предполагает следующее:

Схема посадки 70*30 см. Размер учетной делянки – 600*420 см. Должно быть высажено 147 растений (21 растение с расстоянием между друг другом 30 см на 1 ряд, ширина междурядий 70 см, количество рядов 7). Защитная полоса – общая длинна 156 м ($8880+6720=15600$ см). На защитную полосу потребуется 520 шт ризом. Итого на экспериментальную площадку потребуется 882 шт ризом на учетные площади и 520 шт ризом на защитную полосу (1402 шт). Для всего эксперимента потребуется $1402*6=8412$ шт. ризом. Учетная площадь для внесения удобрения всего эксперимента составит $25,2 \text{ м}^2$ * на 36 площадок = $907,2 \text{ м}^2$. Удобрений понадобится $N=80*0,9072=72,6$ кг д.в., $P=80*0,9072=72,6$ кг д.в., $K=90*0,4536+120*0,4536=95,2$ кг д.в.

Общая площадь эксперимента с защитными полосами $372,96*6=2237,76 \text{ м}^2$. Для проведения эксперимента на пяти типах почвы потребуется вспашка и дискование.



Рис. 1 - Схема опыта

Для охвата всех типов и подтипов почв требуется большое количество материальных и трудовых ресурсов, поэтому предлагается к закладке опыта основных 5 типов почв.

В заключение стоит выделить основную цель планируемого – оценить параметры перехода ^{137}Cs и ^{90}Sr в биомассу мискантуса гигантского в условиях Полесского радиационно-экологического заповедника.

Предлагаемое исследование позволит оценить параметры перехода ^{137}Cs и ^{90}Sr в биомассу мискантуса гигантского в условиях Полесского радиационно-экологического заповедника и соответствует следующим приоритетным направлениям научной, научно-технической и инновационной деятельности на 2021 - 2025 годы:

Пункт 2. Биологические, медицинские, фармацевтические и химические.

Пункт 3. Энергетика, строительство, экология и рациональное природопользование.

Реализация предлагаемого опыта будет способствовать достижению на национальном уровне Целей устойчивого развития, содержащихся в резолюции Генеральной Ассамблеи Организации Объединенных Наций от 25 сентября 2015 года № 70/1, в том числе:

Цель 7. Обеспечение всеобщего доступа к недорогим, надежным, устойчивым и современным источникам энергии для всех.

Цель 12. Обеспечение перехода к рациональным моделям потребления и производства.

Цель 15. Защита и восстановление экосистем суши и содействие их рациональному использованию, рациональное лесопользование, борьба с опустыниванием, прекращение и обращение вспять процесса деградации земель и прекращение процесса утраты биоразнообразия.

Список использованных источников

1. Евсеев ЕБ, Кудин МВ, Гарбарук ДК, Воронежская АН, Драгун АВ. Перспективная энергетическая культура *miscanthus giganteus* на загрязненных радионуклидами землях. Радиобиология и экологическая безопасность – 2024: сборник научных статей по материалам международной научной конференции. Гомель: Институт радиобиологии НАН Беларуси; 2024.с. 85–88.

2. Кудин МВ, Евсеев ЕБ, Гарбарук ДК, Воронежская АН, Драгун АВ. Параметры перехода радионуклидов в биомассу мискантуса гигантского на землях зоны отчуждения Полесского государственного радиационно-экологического заповедника. Журнал Белорусского государственного университета. Экология. 2024;4:44–54. <https://doi.org/10.46646/2521-683X/2024-4-44-54>

3. Цыбулько НН, Шашко АВ, Жукова ИИ, Евсеев ЕБ. Влияние азотных и калийных удобрений на накопление ^{137}Cs многолетними бобово-злаковыми и злаковыми травами на торфяных почвах. Мелиорация. 2021;4(98): 35-45.

4. Научные основы реабилитации сельскохозяйственных территорий, загрязненных в результате крупных радиационных аварий / Под общ. ред. Н.Н. Цыбулько. – Минск: Ин-т радиологии, 2012. – 438 с.