

НОВЫЙ СПОСОБ КОНСТРУИРОВАНИЯ БИОПЛАТО ДЛЯ ОЧИСТКИ ВОДОЕМОВ ОТ РАДИОНУКЛИДОВ

Михеев А.Н.

доктор биологических наук, профессор,
Институт клеточной биологии и генетической инженерии НАН Украины,
Украина, г. Киев

Лапань О.В.

студентка кафедры экологии,
Национальный авиационный университет, Украина, г. Киев

Маджд С.М.

доцент кафедры экологии, кандидат технических наук,
Национальный авиационный университет, Украина, г. Киев

Пчеловская С.А.

младший научный сотрудник,
Институт клеточной биологии и генной инженерии НАН Украины,
Украина, г. Киев

Разработано плавающую конструкцию биоплато для очистки сточных вод от радионуклидов, биотическим компонентом которого являются наземные растения. Осуществлен скрининг интактных высших наземных растений, которые в условиях водной культуры обладают способностью аккумулировать радионуклиды. Проведен поиск субстрата для развития и роста высших наземных растений в условиях аквакультуры. Осуществлено комбинирование различных семян разных видов растений и субстрата. Определена поглощающая способность сконструированных мини-биоплато по отношению к радиоцезию.

Ключевые слова: биоплато, наземные растения, аквакультура, радицезий.

Мутагенное и канцерогенное воздействие на живые организмы радиоактивных веществ – актуальный вопрос современности, поэтому радионуклидному загрязнению водных объектов на сегодня уделяется особое внимание.

Сточные воды, загрязнены радиоактивными веществами, пройдя традиционную физико-химическую очистку, в недостаточной степени очищаются, не обеспечивая необходимый уровень очистки, предъявляемый к качеству воды, сбрасываемой в поверхностные воды. [1, 2]. И поэтому, вместо традиционных методов широкое применение приобретает очистка сточных вод с использованием фитотехнологий, которая позволяет улучшить состояние

водных экосистем и существенно уменьшить поступление в водоемы остаточных концентраций радиоактивных веществ [3, 4].

Биологические методы очистки сточных вод с применением фитотехнологий, которые основаны на использовании процессов естественного самоочищения водных объектов с использованием высших водных растений и водной биоты, на сегодня являются наиболее рациональными. К таким основным методам относится метод биоплато с применением, как высших водных растений, так и наземных растений. Анализ литературных источников [1, 3, 4, 5, 6] показал, что не только высшие водные растения характеризуются высокими коэффициентами накопления, но и наземные растения в условиях водной культуры имеют такую же способность к аккумуляции канцерогенных веществ. Основными преимуществами этого метода является низкая энергоемкость, высокая степень очистки, экологичность и способность аккумулировать различные типы загрязнителей [2, 3].

Конструирование плавающей конструкции биоплато. Предложен вариант плавающей конструкции, биотической составляющей которой являются наземные растения, механическую прочность которым обеспечивает корневая система растений. Суть данной технологии заключается, во-первых, в использовании наземных растений и, во-вторых, в использовании субстрата, который легко утилизируется. Перспективным с нашей точки зрения является использование гранулированного пенопласта, который на этапе проращивания семян смешивается с ним, что, в итоге, позволяет получить своеобразный травяной войлок с высокой степенью плавучести.

В ходе разработки плавающего биоплато с использованием наземных растений, имеющих максимальную способность к накоплению радионуклидов, были поставлены и решены следующие задачи:

- поиск видов наземных растений, которые способны расти в условиях повышенной влажности, и имеющих высокую способность к сорбции радионуклидов;

- испытание различных типов субстратов, обеспечивающих высокую плавучесть и тесную связь с корневой системой растений;
- тестирование субстратов и растений на предмет образования плавучих биоплато;
- поиск оптимального средства проращивания семян (верхнее расположение по отношению к субстрату, перемешивания с субстратом);
- исследование сравнительной сорбционной способности мини-биоплато с различными видами растений по отношению к цезию-137.

На первом этапе исследований проводился поиск наземных растений с высоким коэффициентом накопления цезия-137. Исследованы наземные растения, в условиях водной культуры показали высокую способность к аккумуляции радионуклидов. Это их свойство накапливать канцерогенные вещества из водной среды имеет большое значение, поскольку способность получать необходимое количество биомассы наземных растений намного превышает аналогичную возможность водных растений, что в свою очередь позволяет значительно повысить эффективность дезактивации водоемов за счет наземных растений. Это стало предпосылкой для разработки технологии очистки загрязненных водоемов путем использования сорбционной способности корневой системы наземных растений, выращенных в условиях аквакультуры.

В качестве биосорбционного материала предусмотрено использование интактных высших наземных растений. Растительный материал является элементом биофильтра, представляющий собой систему, в которой используются сорбционные свойства корневой системы интактных растений.

Для работы были использованы семена гороха, кукурузы, ячменя, овса, овсяницы, араманта, тимофеевки и льна.

Вторым этапом при конструировании плавучего биоплато был поиск субстрата для развития и роста растений. Предполагается использование инертных в химическом отношении плавучих материалов: перлита, керамзита,

гранулированного пенопласта, вермикулита, корковой пробки. Эти субстраты должны отвечать ряду требований:

- нетоксичность относительно растений;
- минимальная пористость для минимизации врастания корней в гранулы субстрата;
- способность обеспечить достаточный воздухообмен для семян, которые прорастают, с целью исключения развития патогенной микрофлоры;
- относительно низкая стоимость.

Третьим этапом в конструировании плавающего биоплато было комбинирование различных семян разных видов растений и субстрата. Для этого на дно емкости насыпали семена, а над ними размещали слой гранулированного пенопласта толщиной около 2 см.

Исследования показали, что во всех вариантах сочетания пенопласта с такими культурами, как овсяница, кукуруза, ячмень, овес и тимофеевка, отмечали высокую степень связывания субстрата с корневой системой и приемлемую плавучесть биоплато. Слабое связывание субстрата с корневой системой наблюдали при комбинировании вермикулита с овсяницей и вермикулита и амаранта. Оба варианта опыта не обеспечили необходимую плавучесть биоплато. Варианты комбинирования корковой пробки с овсяницей и льном показали слабый эффект связывания субстрата с корневой системой, в результате чего не была обеспечена необходимая плотность биоплато. При использовании керамзита с овсяницей наблюдали также слабый эффект связывания субстрата и корневой системы, что объясняется низкой плавучестью самого субстрата.

Итак, данные экспериментальных исследований свидетельствуют, что из испытанных субстратов лучшим оказался пенопласт, а из растений – ячмень, овес, кукуруза и тимофеевка. На рис.1. показан результат выращивания кукурузы на субстрате из гранулированного пенопласта. Видно, насколько плотный образовался конгломерат из корней и гранул пенопласта.



Рис. 1. Связывание корневой системой кукурузы субстрата.

Следующим этапом исследований был поиск оптимального способа комбинирования семян и субстрата, результаты которого приведены в табл. 1.

Таблица 1

Испытания различных вариантов расположения семян

Тип субстрата	Вид семян	Размещение семян относительно субстрата	Результат проращивания семян
пенопласт	кукуруза	сверху	положительный
	овес		
	ячмень		
	тимофеевка		
керамзит	кукуруза	смешивание	отрицательный

Установлено, что размещение семян для прорастания поверх субстрата является лучшим вариантом их проращивания.

Для обеспечения более плотного контакта семян с субстратом в процессе их прорастания был использован вспученный перлит. Для опытов использовали семена ячменя, овса, кукурузы, тимофеевки луговой. Компоненты биоплато были размещены в такой последовательности: пенопласт – перлит – семена. Установлено, что семена прорастали достаточно быстро и корневая система плотно связывала субстрат (рис. 2).



Рис. 2. Проверка плавучести биоплато в лабораторных условиях

В дальнейшем для создания еще более плотного биоплато необходимо оптимизировать размер частиц субстрата и использовать растения с соответствующим размером семян и типом корневой системы.

Последним заданием исследований на этом этапе было выявление сорбционной способности растений на примере гороха относительно цезия-137 (рис.3). Для этого было сконструировано мини-биоплато, которое размещалось в емкости с раствором хлорида радиоцезия, активность которого составляла 1,5 кБк/л .

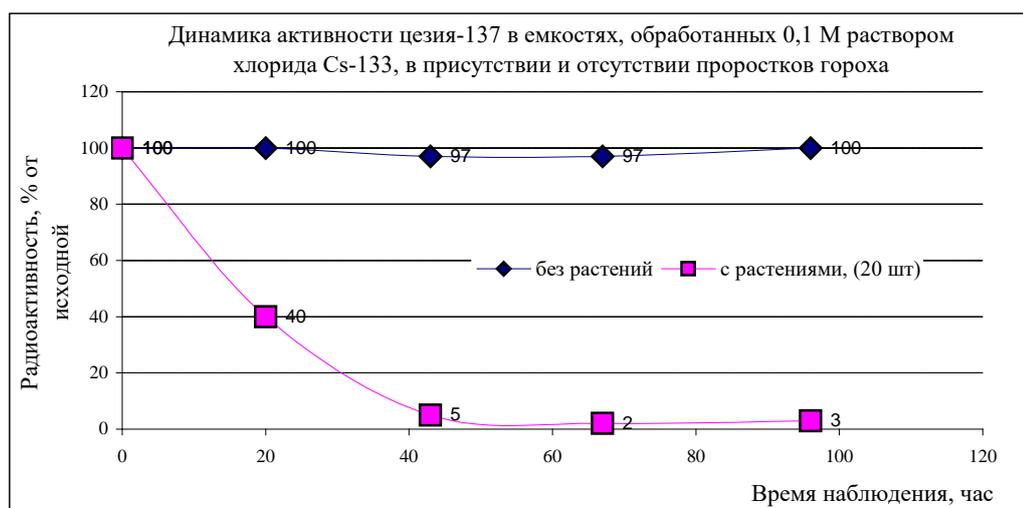


Рис. 3. Динамика активности цезия-137 в присутствии и отсутствии проростков гороха

Установлено, что уже через 24 ч уровень исходной активности цезия-137 уменьшился более чем в два раза, а через 48 ч эффект очистки воды от радионуклида составил 95 % благодаря только поглощающей способности растений гороха.

В следствии этого было принято решение сравнить сорбционные свойства мини-биоплотов с разными видами растений (рис.4).



Рис. 4. Определению сорбционной способности мини-биоплото с использованием ячменя и тимофеевки

В качестве растений-накопителей радионуклида были использованы ячмень и тимофеевка, поскольку данные растения достаточно плотно связывались с пенопластом. Результаты этих исследований представлены на рис. 5.

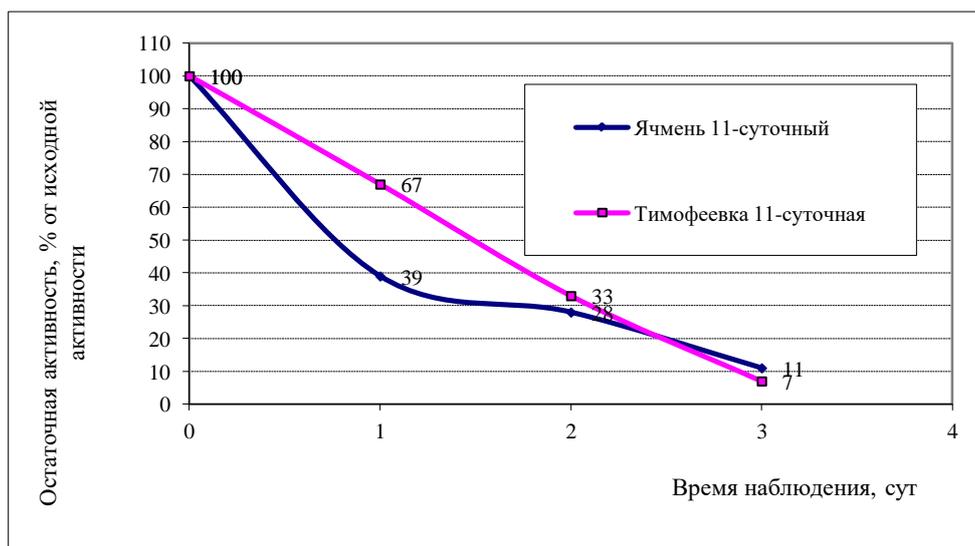


Рис. 5. Динамика поглощения цезия-137 мини-биоплотами с ячменем и тимофеевкой

Установлено, что спустя сутки лучшие сорбционные свойства проявил ячмень, хотя в дальнейшем с интервалом в один день ячмень и тимофеевка почти в одинаковой степени поглощали цезий-137.

Таким образом, использование сконструированного в лабораторных условиях плавающее биоплато продемонстрировало возможность получения высокого уровня очистки воды от радионуклида. Полученные результаты позволяют предложить для практического использования алгоритм технологии фитодезактивации. На конечном этапе применения этой технологии предполагается либо целиком извлекать биоплоты из водоемов и сжигать (озолять) их или производить периодические скашивания зеленой массы и также в дальнейшем подвергать ее озолению, что позволит на два порядка сконцентрировать радионуклид, сделав его (в составе золы) пригодным для захоронения в качестве радиоактивных отходов.

Выводы. Разработан новый способ конструирования плавающей конструкции биоплато для очистки сточных вод от радионуклидов, биотическим компонентом которой являются наземные растения.

Проведен поиск перспективных видов наземных растений, которые способны расти в условиях повышенной влажности. Показано, что в для этого-лучше всего подходят растения кукурузы, ячменя, тимофеевки и овса.

Проведенные испытания нескольких типов субстратов, которые имеют наибольшую плавучесть, показали, что наиболее оптимальным в использовании является гранулированный пенопласт. Использование перлита в сочетании с пенопластом создало дополнительный капиллярный эффект, благодаря которому семена прорастали с большей скоростью.

Впервые проведены исследования поглощающей способности сконструированных мини-биоплато по отношению к радиоцезию, результаты которых показали, что через трое суток, независимо от вида растения, благодаря сорбирующим свойствам растений уровень активности уменьшился на порядок по сравнению исходным.

Список литературы

1. Крот Ю.Г. Использование высших водных растений в биотехнологиях очистки поверхностных и сточных вод // Гидробиологический журнал. – 2005. – Т. 42, №1. – С.47-61.

2. Святенко А.І., Дяденко Н.М. Особливості застосування мікроорганізмів-деструкторів для очищення осади́в нафтомістких виробничих стічних вод // Екологічна безпека. – Кременчук: КрНУ, 2010. – Вип. 1/2010 (09). – С. 39–42.

3. Тихоненко О.М., Міхеєв О.М. Дослідження поглинальної здатності в умовах впливу стресорів за допомогою методу залишкової радіоактивності // Вісник національного авіаційного університету, 2012, № 3 (52), с. 126-130.

4. Пчеловская С.А., Саливон А.Г., Леньшина А.Н., А. Н. Михеев А.Н., Кутлахмедов Ю.А. использование метода оценки фактора радиоемкости в исследованиях перекрестной адаптации растений // радиационная биология. радиозэкология, 2011, том 51, № 2, с. 273–280.

5. Окслюк О. П., Олейник Г.Н. Биоплато и его применение на каналах // Гидротехника и мелиорация. – 1990. – №8. – С.66–70.

6. Маджд С.М. Удосконалення технологічної схеми очищення зворотних вод авіапідприємств / С.М. Маджд // Проблеми водовідведення та гідравліки : наук.-техн. зб. – К.: КНУБА, 2013.– Вип.22. – С.107–112.