

ОТБОР ВЫСОКОПРОДУКТИВНЫХ ГЕНОТИПОВ САХАРНОГО СОРГО (*SORGHUM BICOLOR L*) ДЛЯ ДАЛЬНЕЙШЕГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В ФИТОРЕМЕДИАЦИИ ПОЧВ ОТ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ

А.М. Сагимбаева 

Научно-исследовательский институт проблем биологической безопасности, пгт. Гвардейский
aikerimka_s_m@mail.ru

Аннотация: в данный момент, загрязнение почвы является основной экологической проблемой. Что приводит к большой потребности в восстановлении загрязненных почв с помощью наиболее подходящих и эффективных методов очистки. Обычная рекультивация и биоремедиация загрязненных участков обычно включает физическое удаление загрязняющих веществ или биологическое воздействие с помощью микроорганизмов. Основные стратегии физического восстановления являются дорогостоящими, неспецифическими и часто делают почву непригодной для дальнейшего использования, нарушая окружающую среду. В связи с этими опасениями повысился интерес к экологически чистым и устойчивым подходам, таким как фитостабилизация, фиторемедиация и фитофильтрация для очистки загрязненных участков. В этой статье особое внимание уделяется отбору высокопродуктивных генотипов сахарного сорго для дальнейшего использования в фиторемедиации почв от тяжелых металлов. Удаление тяжелых металлов из окружающей среды с помощью растений в современном мире является очень эффективным и высокоэффективным методом. В связи с этим выявление и изучение перспективных растений является основой успешной биотехнологии. С этой точки зрения привлекательными являются сорговые культуры. Они обладают такими свойствами, как устойчивость к исключительной засухе, жаре и солеустойчивость.

Ключевые слова: почва; тяжелые металлы; окружающая среда; фиторемедиация; растения.

Введение

Тяжелые металлы являются основными загрязнителями окружающей среды и представляют серьезную угрозу для здоровья людей и животных из-за их длительного пребывания в окружающей среде.

Рекультивация почв, загрязненных тяжелыми металлами, является дорогостоящей и технически сложной процедурой. Традиционные технологии восстановления основаны на биологических, физических и химических методах, которые могут использоваться в сочетании друг с другом для снижения загрязнения до безопасного и приемлемого уровня [1], но в большинстве они дороги и далеки от их оптимальной производительности [2].

Для ликвидации последствий загрязнения почв тяжелыми металлами используют предупредительные меры в виде биологической рекультивации почв, которая связана с внесением в почву органических веществ и биоудобрений (цеолита, биогумуса и др.), закрепляющих токсичные вещества в виде сложных комплексных соединений, недоступных для преодоления клеточных мембран корневой системы растений. Но можно снимать

уровень загрязнения почв тяжелыми металлами с помощью растений, обладающих высокой поглощающей способностью.

Зеленые растения способны извлекать из окружающей среды и концентрировать в своих тканях различные элементы, в том числе, тяжелые металлы – мышьяк, кадмий, медь, ртуть, селен, свинец, а также радиоактивные изотопы стронция, цезия, урана и другие радионуклиды. Растительную массу не составляет особого труда собрать и сжечь, а образовавшийся пепел или захоронить, или использовать как вторичное сырье. Применение для очистки среды растений стало эффективным и экономически выгодным методом только после того, как были обнаружены растения – гипераккумуляторы поллютантов, способные накапливать в своих тканях до 5% никеля, цинка или меди в пересчете на сухой вес, то есть в десятки раз больше, чем обычные растения [3].

Для этой цели можно использовать различные растения с высокой металл – аккумуляющей способностью [4]. Растения – аккумуляторы должны иметь большую биомассу, высокую скорость роста, глубоко разрастающуюся корневую систему, устойчивость к частым укосам и к неблагоприятным факторам [5].

Технология фиторемедиации более эффективна по сравнению с традиционными инженерными технологиями на стадии доочистки загрязненных почв. При совершенствовании этого метода основное внимание уделяется отбору растений, способных трансформировать совместно с симбиотическими микроорганизмами токсичную часть поллютантов, переводя их в менее подвижную и активную форму [6].

Иранские ученые [7] используя сорго в своих исследованиях получили хорошие результаты. Что подчеркивает высокую поглощающую способность сорго по отношению к этим элементам [8].

Сахарного сорго использовали для фиторемедиации в разных странах. Сорго представляет интерес в качестве растения-фиторемедианта, оно образует обильную биомассу, характеризуется высокой засухоустойчивостью и неприхотливостью. Сообщалось о его успешном использовании для биоремедиации почвы, загрязненной металлами, цианидами, нефтью [9].

Материалы и методы

В качестве объекта исследования было взято сахарное сорго. Для культивирования соматических клеток сахарного сорго *in vitro* были использованы незрелые зародыши различных генотипов. Метод культивирования *in vitro* проводили по рекомендациям работы Тимофеева О.А., Румянцева Н.И. [10]. Стерилизацию эксплантов проводили различными способами с применением 70% этанола, 50% раствора гипохлорита натрия, 3% раствора перекиси водорода и их комбинаций. Были изучены важные параметры, такие как урожайность, масса зерна, всхожесть семян, высота растений, размер соцветия и другие параметры. Разработан регламент биотехнологических методов культивирования соматических клеток сахарного сорго *in vitro* (*Sorghum bicolor* L.). Соматические клетки сахарного сорго были культивированы в модифицированной питательной среде Мурасиге-Скуга (2 мг/л 2,4-Д, 20 г/л Сахароза, 100 мг/л мезоинозит, pH 5,7) при 27°C [11].

Получение нового гибрида проводилось в лабораторных условиях в Казахском национальном исследовательском техническом университете имени К.И. Сатпаева.

Результаты

При культивировании соматических клеток сахарного сорго было отмечено, что на частоту формирования каллусных клеток и их морфологию значительное влияние оказывали исходный генотип донорного растения (Таблица 1).

Таблица 1 – Каллусогенез в культуре соматических клеток сахарного сорго (*Sorghum bicolor* L.) *in vitro*

Генотип	Количество изолированных зародышей	Количество полученных каллусов	% каллусогенеза
SABB-1	52	22	42.31
SAB-2	67	3	4.47
SAB-3	73	32	43.83
SAB-10	62	25	40.32
SAB-11	79	29	36.70
Hybrid-1	75	19	25.33
Hybrid-2	68	47	69.11

По частоте образования каллусных тканей высокие показатели были обнаружены у гибрида Hybrid-2 (69,11%), генотипов SAB-3 (43,83%), SABB-1 (42,31%) и SAB-10 (40,32%). При изучении частоты образования морфогенных каллусов в культуре соматических клеток сахарного сорго были выделены следующие генотипы: Hybrid-2 и SAB-3, где частота образования морфогенных каллусов составил 27,94% и 23,28%, соответственно (Таблица 2).

Таблица 2 – Частота образования морфогенных каллусов в культуре соматических клеток *in vitro* сахарного сорго *Sorghum bicolor* L.

Генотип	Количество изолированных зародышей	Количество полученных морфогенных каллусов	% образования морфогенных каллусов
SABB-1	52	9	2,99
SAB-2	67	0	0,0
SAB-3	73	17	23,28
SAB-10	62	8	12,90
SAB-11	79	6	7,59
Hybrid-1	75	12	16,0
Hybrid-2	68	19	27,94

Были выделены генотипы сахарного сорго способные максимально образовывать морфогенные каллусы в культуре соматических клеток *in vitro* (Рисунок 1).

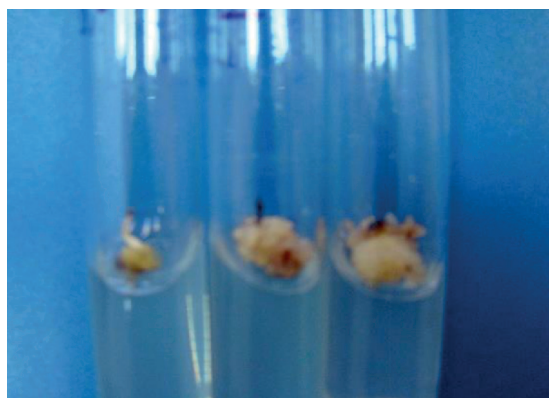


Рисунок 1 – Образование морфогенных каллусов в культуре соматических клеток

В результате проведенных исследований создана коллекция ценных генотипов сахарного сорго (*Sorghum bicolor* L.) для фиторемедиации почв оттяжелых металлов. Определены оптимальные варианты предобработки семян сорго (*Sorghum bicolor* L.) способствующие росту корневой системы и листьев прорастающих семян. Усиление образования корневой системы и роста листьев является очень важным фактором, которое в итоге может определить интенсивность роста и урожайность сорго (*Sorghum bicolor* L.).

При проведении фенологических наблюдений были определены скороспелые, среднеспелые и позднеспелые генотипы сахарного сорго в аридных условиях Юго-Востока Казахстана. В экстремальных аридных условиях были отобраны генотипы сахарного сорго устойчивые к болезням. Генотипы, которые были не устойчивы к абиотическим и биотическим стрессовым факторам поражались пыльной головней, корневой гнилью и фузариозным увяданиям.

Установлено стимулирующее влияние минерального питания на рост и развитие сахарного сорго в аридных условиях Юго-Востока Казахстана.

Обсуждение

В настоящее время применение растений-гипераккумуляторов стало эффективным и экономически выгодным методом очистки почв от тяжелых металлов. Целью данного исследования было получение нового гибрида сахарного сорго, устойчивого к климату Казахстана для использования в фиторемедиации.

В результате проведенных исследований создан новый высокопродуктивный сорт сахарного сорго *Sorghum bicolor* L. «Байкадам 2019». Данный сорт является перспективным растением для дальнейшего использования в фиторемедиации. По разнарядке «Госкомиссии по сортоиспытанию сельскохозяйственных культур» МСХ РК (№05-26-588 от 03.02.2020 г.) семенной материал нового сорта сахарного сорго «Байкадам 2019» был отправлен на сортоиспытание селекционного достижения на хозяйственную полезность в Государственные сортоиспытательные участки Туркестанской (Туркестанский комплексный ГСУ), Жамбылской (Жамбылский ГСУ) и Алматинской областей (Каскеленский ГСУ, Панфиловский ГСУ и Саркандский ГСУ).

Заключение

В заключении необходимо отметить, что в целях создания условий безопасной жизнедеятельности населения, а также восстановления почвы с помощью растений, на территории экологически неблагополучных зон проводится широкомасштабное внедрение метода фиторемедиации.

В процессе проведенных лабораторных исследований была создана коллекция ценных образцов сахарного сорго с целью использования как растения-гиперааккумулятора для фиторемедиации. В погодных условиях Юго-Востока Казахстана были отобраны образцы сахарного сорго, устойчивые к биотическому фактору.

Литература

- 1 Laghlimi M., Baghdad B., Hassan EL.H., Abdelhak B. Phytoremediation Mechanisms of Heavy Metal Contaminated Soils: A Review // Open Journal of Ecology – 2015. – Vol.5. – P. 375-388. doi: 10.4236/oje.2015.58031
- 2 Bieby Voijant Tangahu B.V., Abdullah S.R., Basri H., Idris M., Anuar N., Mukhlisin M. A Review on Heavy Metals (As, Pb, and Hg) Uptake by Plants through Phytoremediation // International Journal of Chemical Engineering. – Vol.2011. – P. 37-41.
- 3 Мынбаева Б.Н. Металл-аккумулирующая способность некоторых видов газонных трав // Биотехнология. Теория и практика. – 2010. – №2. – 97 с.

- 4 Shtangeeva I., Laiho J.V.P., Kahelin H. and Gobran G.R. Phytoremediation of metal-contaminated soils. Symposia Papers Presented Before the Division of Environmental Chemistry // American Chemical Society, Anaheim, Calif, USA, – 2004. – 45 p.
- 5 Asada M., Parkpian P., Horiuchi S. Remediation technology for boron and fluoride contaminated sediments using green plants // J. of ASTM International. – 2006. – Vol.3, – №6. – P. 1-7.
- 6 Киреева Н.А., Григориади А.С., Багаутдинов Ф.Я. Фиторемедиация как способ очищения почв, загрязнённых тяжёлыми металлами// Теоритическая и прикладная экология. – 2011. – №3. – 5 с.
- 7 Shafiei D.S., Almodares A., Ebrahimi M. Phytoremediation Efficiency of Sorghum bicolor (L.) Moench in Removing Cadmium, Lead and Arsenic // Open journal of environmental biology 1(1): – 2016. – 5 p. doi: 10.5539/jas.v2n3p235
- 8 Mohammad G., Abbas J., Mahmmod R., Aligoudarz P., Hadi G. Effects of Treated Municipal Wastewater on Soil Chemical Properties and Heavy Metal Uptake by Sorghum (Sorghum Bicolor L.) // Journal of Agricultural Science. – Vol.2. – N.3. – 2010. doi: 10.5539/jas.v2n3p235
- 9 Дубровская Е.В., Муратова А.Ю., Позднякова Н.Н., Гринев В.С., Голубев С.Н., Бондаренкова А.Д., Турковская О.В. Биоремедиационный потенциал сорго веничного // Доклады Башкирского университета. – Уфа, 2018. – 390 с.
- 10 Murashige T. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures // Plant Physiol. – 1962. – Vol.15. – №95. – P. 473-497.
- 11 Тимофеева О.А., Румянцева Н.И. Культура клеток и тканей растений учебное пособие для студентов и аспирантов: / ФГАОУВПО «Казанский (привожский) федеральный университет» биолого-почвенный факультет, – Казань. – 2012.

References

- 1 Laghlimi M., Baghdad B., Hassan El.H., Abdelhak B. Phytoremediation Mechanisms of Heavy Metal Contaminated Soils: A Review // Open Journal of Ecology – 2015. – Vol.5. – P. 375-388. doi: 10.4236/oje.2015.58031
- 2 Bieby Voijsant Tangahu B.V., Abdullah S.R., Basri H., Idris M., Anuar N., Mukhlisin M. A Review on Heavy Metals (As, Pb, and Hg) Uptake by Plants through Phytoremediation // International Journal of Chemical Engineering. – Vol.2011. – P. 37-41.
- 3 Mynbaeva B.N. Metall-akkumuliruyushchaya sposobnost' nekotoryh vidov gazonnyh trav // Biotekhnologiya. Teoriya i praktika. – 2010. – №2. – 97 с.
- 4 Shtangeeva I., Laiho J.V.P., Kahelin H. and Gobran G.R. Phytoremediation of metal-contaminated soils. Symposia Papers Presented Before the Division of Environmental Chemistry // American Chemical Society, Anaheim, Calif, USA, – 2004. – 45 p.
- 5 Asada M., Parkpian P., Horiuchi S. Remediation technology for boron and fluoride contaminated sediments using green plants // J. of ASTM International. – 2006. – Vol.3, – №6. – P. 1-7.
- 6 Kireeva N.A., Grigoriadi A.S., Bagautdinov F.YA. Fitoremediaciya kak sposob ochishcheniya pochv, zagryaznyonnyh tyazhyolymi metallami//Teoriticheskaya i prikladnaya ekologiya.– 2011.– №3. – 5 с.
- 7 Shafiei D.S., Almodares A., Ebrahimi M. Phytoremediation Efficiency of Sorghum bicolor (L.) Moench in Removing Cadmium, Lead and Arsenic // Open journal of environmental biology 1(1): – 2016. – 5 p. doi: 10.5539/jas.v2n3p235
- 8 Mohammad G., Abbas J., Mahmmod R., Aligoudarz P., Hadi G. Effects of Treated Municipal Wastewater on Soil Chemical Properties and Heavy Metal Uptake by Sorghum (Sorghum Bicolor L.) // Journal of Agricultural Science. – Vol.2. – N.3. – 2010. doi: 10.5539/jas.v2n3p235
- 9 Dubrovskaya E.V., Muratova A.YU., Pozdnyakova N.N., Grinev V.S., Golubev S.N., Bondarenkova A.D., Turkovskaya O.V. Bioremediacionnyj potencial sorgo venichnogo // Doklady Bashkirskogo universiteta. – Ufa, 2018. – 390 с.
- 10 Murashige T. A revised medium for rapid growth and bioassays with tobacco tissue cultures // Plant Physiol. – 1962. – Vol.15. – №95. – P. 473-497.
- 11 Timofeeva O.A., Rumyanцева N.I. Kul'tura kletok i tkanej rastenij uchebnoe posobie dlya studentov i aspirantov: / FGAOUVPO «Kazanskij (privozhskij) federal'nyj universitet» biologo-pochvennyj fakul'tet, – Kazan'. – 2012.

АУЫР МЕТАЛДАРДАН ТОПЫРАҚТЫ ФИТОРЕМЕДИАЦИЯЛАУДА ОДАН ӘРІ ПАЙДАЛАНУ ҮШІН ҚАНТ ҚҰМАЙЫНЫҢ (*SORGHUM BICOLOR L*) ЖОҒАРЫ ӨНІМДІ ГЕНОТИПТЕРІН ІРІКТЕУ

А.М. Сағымбаева 

Биологиялық қауіпсіздік проблемаларының ғылыми-зерттеу институты, Гвардейск құқ.
aikerimka_s_m@mail.ru

Аннотация: қазіргі уақытта топырақтың ластануы негізгі экологиялық проблема болып табылады. Бұл ластанған топырақты ең қолайлы және тиімді тазарту әдістерімен қалпына келтірудің үлкен қажеттілігіне алып келеді. Ластанған жерлерді қалпына келтіру және биоремедиациялау әдетте ластаушы заттарды физикалық жоюды немесе микроорганизмдерді қолдану арқылы биологиялық тұрғыда әсер етуді қамтиды. Физикалық қалпына келтірудің негізгі стратегиясы қымбатөзіне тән емес және көбінесе микро ортаны бұзып, топырақты одан әрі пайдалануға жарамсыз етеді. Осы қауіптерге байланысты ластанған жерлерді тазарту үшін фитостабилизация, фиторемедиация және фитофльтрация сияқты экологиялық таза және тұрақты тәсілдерге деген қызығушылық артты. Бұл мақалада ауыр металлдардан топырақтың фиторемедиациясында одан әрі пайдалану үшін қант құмайының жоғары өнімді генотиптерін таңдауға ерекше назар аударылады. Әлемде бүгінгі таңда ауыр металлдарды қоршаған ортадан өсімдіктер арқылы алып тастау өте тиімді және өте пайдалы әдіс. Осыған байланысты перспективалы өсімдіктерді анықтау және зерттеу сәтті биотехнологияның негізі болып табылады. Осы тұрғыдан алғанда, құмай дақылдары қызығушылықты тудырады. Олар ерекше құрғақшылық, ыстық пен тұзға төзімділік сияқты қасиеттерге ие.

Түйін сөздер: топырақ; ауыр металдар; қоршаған орта; фиторемедиация; өсімдіктер.

SELECTION OF HIGHLY PRODUCTIVE GENOTYPES OF SUGAR SORGHUM (*SORGHUM BICOLOR L*) FOR FURTHER USE IN PHYTOREMEDIATION OF SOILS FROM HEAVY METALS

A.M. Sagimbayeva 

Research Institute for Biological Safety Problems, Guards
aikerimka_s_m@mail.ru

Abstract: at the moment, soil pollution is the main environmental problem, which leads to a great need for the restoration of contaminated soils using the most appropriate and effective cleaning methods. Conventional remediation and bioremediation of contaminated sites usually involves the physical removal of pollutants or biological exposure with the help of microorganisms. Basic physical recovery strategies are expensive, non-specific, and often render the soil unsuitable for further use by disrupting the microenvironment. Due to these concerns, there has been increased interest in environmentally friendly and sustainable approaches, such as phytostabilization, phytoremediation and phytofiltration for cleaning contaminated sites. In this article, special attention is paid to the selection of highly productive genotypes of sugar sorghum for further use in phytoremediation of soils from heavy metals.

Removal of heavy metals from the environment with the help of plants in the modern world is a very effective and highly profitable method. In this regard, the identification and study of promising plants is the basis of successful biotechnology. From this point of view, sorghum crops are attractive. They have properties such as resistance to extreme drought, heat and salt resistance

Keywords: soil; heavy metals; environment; phytoremediation; plants.