

O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI  
OLIIY TA'LIM, FAN VA INNOVATSIYALAR VAZIRLIGI  
FARG'ONA DAVLAT UNIVERSITETI

**FarDU.  
ILMIY  
XABARLAR**

1995-yildan nashr etiladi  
Yilda 6 marta chiqadi

3-2024

**НАУЧНЫЙ  
ВЕСТНИК.  
ФерГУ**

Издаётся с 1995 года  
Выходит 6 раз в год

<b>F.B.Eshqurbonov, A.X.Raximov, X.X.Xudoyqulov, M.R.O'ralova</b> Tuproqlarda uchraydigan organik uglerod miqdorini "Walkley-black" usuli yordamida aniqlash .....	130
<b>Sh.B.Mamatova, M.J.Qurbanov</b> Ikkilamchi polietilen chiqindisi asosidagi polimer kompozitsion materiallarning zichligini gidrostatik tortish usulida o'rganish .....	135
<b>H.I.Файзуллаев, И.И.Мамадолиев, М.Х.Арипова</b> Очистка природного газа от сероводорода сорбентами на основе цеолита .....	140
<b>M.T.Rasulov, S.B.Murodova</b> Olovga chidamli qoplama materiallarining zamonaviy holati, maqsadi va rivojlanish tendentsiyalari.....	146
<b>G.A.Abdullayeva, C.C.Murodov, Sh.Sh.Daminoва, Sh.Sh.Turgunboev</b> Синтез и исследование комплексного соединения Zn(II) с 2-меркаптобензтиазолом .....	153
<b>M.E.Ziyadullayev, R.K.Karimov, S.X.Adilboyev</b> 2-almashgan 3(h)-xinazolin-4-on hosilalari sintezi va ularni nitrolash reaksiyalari .....	161
<b>H.R.Rahimova, A.A.Ibragimov</b> <i>Phlomis speciosa</i> o'simligining mikroelementlar tarkibi va vitaminlari.....	168

#### BIOLOGIYA

<b>M.T.Isag'aliyev, G.Yuldashev, M.V.Obidov, D.E.Djurayeva, T.X.Shermatov</b> Bo'z tuproqlar va tabiiy dorivor o'simliklarda elementlar biogeokimyosi.....	173
<b>Z.A.Jabbarov, N.Sh.Sultonova</b> Fitoremedatsiya qobiliyatiga ega o'simliklar va ularning turlari .....	180
<b>M.R.Shermatov</b> Farg'ona vodiysi agroekotizimlari tangachaqanotli hasharotlarining rivojlanish sikllari va fenologik xususiyatlari .....	185
<b>S.M.Xaydarov, J.G'.Raximov</b> Mikrosuvu'klarini – tabiiy ozuqa manbai sifatida baholash .....	192
<b>G.M.Zokirova</b> Janubiy Farg'ona hududi koksineid qo'ng'izlari ( <i>Coleptera: Coccinellidae</i> ) ning bioekologiyasi .....	201
<b>D.P.Jabborova, Z.A.Jabbarov, M.Dustova</b> Bamiya barglaridagi plastid pigmentlar miqdoriga biochar va mineral o'g'itlarning ta'siri .....	205
<b>Z.A.Jabbarov, T.Abdraxmanov, Sh.Z.Abdullayev, D.A.Yagmurova</b> Qurg'oqchilik omili ta'sirida tuproq unumdorlik ko'rsatkichlarining o'zgarishi.....	211
<b>M.R.Shermatov, M.M.Muhammedov</b> Farg'ona vodiysi agroekotizimlari bargo'rar kapalaklari ( <i>Lepidoptera, Tortricidae</i> ).....	221
<b>I.I.Musayev, A.T.Turdaliyev</b> Sug'oriladigan och tusli bo'z tuproqlarda makroelementlarning geokimyoviy xususiyatlari .....	227
<b>S.Sh.Axmadjonova</b> Farg'ona vodiysi sharoitida no'xat donxo'ri ( <i>Bruchas pisorum</i> L.)ning ayrim biologik xususiyatlari va zarar keltirishi.....	231
<b>E.A.Botirov</b> <i>Agrotis obesa</i> Boisduval, 1829 kapalagining ( <i>Lepidoptera: Noctuidae</i> ) morfologiyasi va bioekologik xususiyatlari .....	234
<b>H.X.Salimova</b> Buxoro viloyati G'ijduvon tumani sug'oriladigan tuproqlarining tarkibi va xossalari .....	239

#### GEOGRAFIYA

<b>R.T.Pirnazarov, Sh.N.Axmadjonova</b> O'rta Osiyo to'g'onli ko'llarining geografik tarqalishi va ularning xavflilik darajasini baholash masalalari .....	246
<b>K.O.Daljanov, Sh.B.Qurbanov</b> Qoraqalpog'iston Respublikasi qishloq xo'jaligi va uni rivojlantirish imkoniyatlari .....	254
<b>A.A.Xalmirzayev, U.T.Egamberdiyeva</b> Mintaqa qishloq xo'jaligini rivojlantirish istiqbollari .....	260



UO'K: 631.6.02

**FITOREMEDATSIYA QOBILYATIGA EGA O'SIMLIKLAR VA ULARNING TURLARI****PLANTS WITH PHYTOREMEDIATION CAPACITY AND THE TYPES OF PLANTS INVOLVED****РАСТЕНИЯ, ОБЛАДАЮЩИЕ СПОСОБНОСТЬЮ ФИТОРЕМЕДАЦИИ, И ИХ ВИДЫ****Jabbarov Zafarjon Abdukarimovich<sup>1</sup>** <sup>1</sup>O'zbekiston Milliy Universiteti Tuproqshunoslik kafedrası professori**Sultonova Nodirabonu Shavkat qizi<sup>2</sup>** <sup>2</sup>O'zbekiston Milliy Universiteti Tuproqshunoslik kafedrası tayanch doktoranti**Annotatsiya**

Fitoremediatsiya usuli - bu o'simliklar orqali og'ir metallarni olib tashlashning samarali va oson usuli, buning uchun faqat hududga mos keladigan o'simlik turini qanday tanlashni bilish kerak. Ba'zi fitoremediatsiya o'simliklari og'ir metallarni o'zlashtirib, ularni hujayralarida zararsiz holatga o'tkazishi mumkin, bunday o'simliklarni yig'ib olish yoki tuproqqa siderat ekinlari sifatida ekish mumkin. Bu dehqonlarga ham, lalmi yerlarga ham foyda keltiradi. Ifloslantiruvchi manbalar atrofida yashil o'simliklarning mavjudligi hududning kislorod bilan doimiy yangilanishini ta'minlaydi. Ushbu usuldan foydalanish ko'p pul talab qilmaydi, faqat ekish va sug'orish jarayonlari uchun etarli vaqt va pul. O'simlik to'g'ri tanlangan bo'lsa, bunday ekinlar uchun og'ir qo'llar va doimiy nazorat kerak emas. O'simliklarda og'ir metallarning to'planishi bilan bog'liq bir qator jarayonlar mavjud, jumladan, og'ir metallarning mobilizatsiyasi, ildizning so'rilishi, ksilema yuklanishi, ildizdan kurtakgacha tashish, hujayra bo'linmasi va zararsiz holatga o'tkazishi. Og'ir metallar asosan tuproqda erimaydigan shaklda mavjud bo'lib, o'simliklar uchun biologik mavjud emas.

**Аннотация**

Метод фиторемедиации – эффективный и простой способ выведения тяжелых металлов через растения, для этого необходимо только знать, как выбрать подходящий для данной местности вид растения. Некоторые фиторемедиационные растения способны поглощать тяжелые металлы и переводить их в безвредное состояние в своих клетках, такие растения можно собирать или высаживать в почву как сидеральные культуры. Это принесет пользу как фермерам, так и залежным землям. Наличие зеленых растений вокруг источников загрязнения обеспечивает постоянное обновление территории кислородом. Использование этого метода не требует много денег, достаточно времени и средств на процессы посадки и полива. Таким культурам не нужны тяжелые руки и постоянный контроль, если растение выбрано правильно. Существует ряд процессов, участвующих в накоплении тяжелых металлов в растениях, включая мобилизацию тяжелых металлов, поглощение корнями, загрузку ксилемы, транспорт от корня к побегу, деление клеток и транслокацию. Тяжелые металлы присутствуют в почве преимущественно в нерастворимой форме и биологически недоступны для растений.

**Abstract**

Phytoremediation method is an effective and easy way to remove heavy metals through plants, for this it is only necessary to know how to choose the type of plant suitable for the area. Some phytoremediation plants can absorb heavy metals and transfer them to a harmless state in their cells, such plants can be harvested or planted in the soil as siderate crops. This will benefit both the farmers and the fallow land. The presence of green plants around polluting sources ensures constant renewal of the area with oxygen. Using this method does not require a lot of money, just enough time and money for planting and watering processes. Heavy hands and constant control are not necessary for such crops, if the plant is chosen correctly. There are a number of processes involved in the accumulation of heavy metals in plants, including heavy metal mobilization, root uptake, xylem loading, root-to-shoot transport, cell division, and translocation. Heavy metals are mainly present in the soil in an insoluble form and are not biologically available for plants.

**Kalit so'zlar:** fitodegradatsiya, fitofiltratsiya, fitoestraksiya, fitostabilizatsiya va fitovolatilizatsiya, og'ir metallar, ildiz, barg va poya.

**Ключевые слова:** фитодегградация, фитофльтрация, фитоэкстракция, фитостабилизация и фитоиспарение, тяжелые металлы, корень, лист и стебель.

## BIOLOGIYA

**Key words:** *phytodegradation, phytofiltration, phytoextraction, phytostabilization and phytovolatilization, heavy metals, root, leaf and stem.*

## KIRISH

Zamonaviy jamiyatda sanoat va qishloq xo'jaligining rivojlanishi bilan, atrof-muhitga tobora ko'proq zaharli kimyoviy moddalar chiqarilayapti. Ular orasida og'ir metallar allaqachon atrof-muhit va oziq-ovqat xavfsizligiga jiddiy xavf tug'dirmoqda [Fayiga, A.O., Saha, 2016]. Sanoat, qishloq xo'jaligi va maishiy chiqindi faoliyati og'ir metallarni tuproqqa va suv havzalariga kelib tushishiga sababchi bo'ladi [Santucci va boshq., 2018]. Og'ir metallar biologik parchalanmaydi va atrof-muhitning turli xil fazalari orasida bir biriga o'tib turadi. Ular odatda atmosferada aerozollar sifatida mavjud bo'ladi, yomg'ir ta'sirida tuproq va suvga tushadi. Tuproqdagi og'ir metallar yer osti suvlariga singib o'tadi, sug'orish suvi orqali og'ir metallar tuproqqa o'tadi [Jiang, D.N. 2018].

Fitoremediatsiya - bu tuproqdagi ifloslantiruvchi moddalarni barqarorlashtirish, uzatish yoki degradatsiya qilish uchun giperakkumulyator o'simliklar va ularning rizosfera mikroorganizmlaridan foydalanadigan yashil strategiyadir [Liu S, Yang B. 2020]. Ushbu texnologiya samarali, arzon va moslashtirilgan deb hisoblanadi. Tuproq sharoitiga qarab, ifloslantiruvchi moddalar va ishlatiladigan o'simliklar turlicha va besh xil fitoremediatsiya qo'llaniladi: fitodegradatsiya, fitofiltratsiya, fitoestraksiya, fitostabilizatsiya va fitovolatilizatsiya. Fitoekstraksiya - bu o'simliklarni ajratib olish va tuproq xususiyatlariga ta'sir qilmasdan kurtaklardagi og'ir metallarni to'plash jarayoni [Chju va boshq., 2020]. Fitostabilizatsiya - o'simliklar og'ir metallarni zaharli holatdan toksik bo'lmagan yoki kam toksik holatga o'zgartiradi va quyidagilarni o'z ichiga oladi yutisg, adsorbsiya, cho'kish, xelyatsiya va kabi jarayonlar rizosferadagi redoks reaksiyasilar amalga oshiradi. Fitovolatilizatsiya - eng munozarali fitoremediatsiya texnologiyasi bo'lsa-da, uning aniq kamchiliklari va cheklovlari mavjud, bu usul asosan yuqori uchuvchanlikka ega bo'lgan og'ir metallarni olib tashlash uchun ishlatiladi va Hg (simob), As (mishyak) va Se (selen) kabi past toksiklik metallarni. Keyinchalik, fitotransformatsiya, shuningdek, fitodegradatsiya deb ham ataladigan metabolizm orqali o'simlikka so'riladigan, ifloslantiruvchi moddalarning parchalanish jarayoni yoki ifloslantiruvchi moddalarning ildiz ekssudatlari bilan parchalanishi (masalan fermentlar) jarayoni aniqlandi. U asosan o'rtacha hidrofobiklik bilan organik ifloslantiruvchi moddalarni yo'q qilish uchun qo'llaniladi [Al-Baldawi, 2018].

Og'ir metallar tuproqda erkin shaklda yoki tuproqdagi metall ionlari va eruvchan metall komplekslar shaklida bo'ladi. Bundan tashqari, ular gidroksidlar, oksidlar, karbonat va silikat mineral tuzilishiga kiritilgan. Og'ir metallarning biologik sikli muhim ahamiyatga ega, og'ir metallarni bu qobilyati o'simlik ildizlari tomonidan fitoremediatsiya usullari orqali ifloslantiruvchi moddalarni so'rib olishi uchun imkon yaratadi

Fitodegradatsiyada o'simliklar ifloslantiruvchi moddalarni oladi va uni oddiyroq kamroq zaharli shakllarga ajrating. Bu ikki xil usulda sodir bo'ladi:

1. O'simlik ichidagi metabolik jarayon orqali
2. O'simlik tomonidan ishlab chiqarilgan fermentlar orqali.

Oddiy mahsulotlarga aylangan ifloslantiruvchi moddalar o'simlik tomonidan o'zlashtiriladi va tezroq o'sish uchun ishlatiladi [Cristaldi, A, 2017].

## 1-jadval

## Fitoremediatsiya turlari

Turlari	Tamoyillari	O'simliklar	Adabiyotlar
<b>Rizofiltratsiya</b>	Atrof-muhitni ifloslantiruvchi moddalarni ildiz tizimi olib tashlas, adsorbsiya yoki yog'ingarchilik suvi orqali atrof-dagi ifloslantiruvchi moddalarning o'zlashtirishi.	Helianthus annuus (kunga boqar), Phaseolus vulgaris (yashil noxot).	Lee and Yang (2010)
<b>Fitostabilizatsiya</b>	O'simliklarni tuproqdagi ifloslantiruvchi moddalar barqarorlashtirish uchun qo'llash.	Deschampsia cespitosa; Piptatherum miliaceum; Picea abies	Padmavathiamma and Li (2007); Conesa et al. (2007); Brunner et al. (2008)

<b>Fitoekstraksiya</b>	Tuproqdan yoki suvdan ifloslantiruvchi moddalarni o'simlik ildizlari orqali o'zlashtirishi va yer usti biomassasida to'planishi.	Thlaspi caerulescens; Populus alba; Morus alba	Prasad and Freitas (2003); Rafati et al. (2011)
<b>Fitovolatilizatsiya</b>	Ifloslantiruvchi moddalar ildiz darajasida so'riladi, ksilema orqali tashiladi va havodan atmosferaga chiqariladi natijada o'simlik qismlari kamroq zaharli shakllarda metallarni o'zlashtiradi.	Caulanthus sp.	Wang et al. (2012)
<b>Fitodesalinatsiya</b>	Sho'rlangan tuproqlardan ortiqcha tuzlarni yo'qotish o'simliklar	Hordeum vulgare; Artemisia argyi; Salsola collina	Rabhi et al. (2010); Zorrig et al. (2012)
<b>Rizodegradatsiya</b>	Ifloslangan suv oraqli ildizni moddalarni singdirishi, konsentratsiya va yog'ingarchilik tufayli tozalash.	Carex pendula	Ghosh (2010)
<b>Fito bug'lanish</b>	Tuproqdan yoki suvdan ildiz orqali ifloslantiruvchi moddalarni yutish, uni uchuvchan shaklga aylantirish va keyinchalik atmosferaga chiqarilishi (uchun organik ifloslantiruvchi moddalar va ba'zi og'ir metallar)	Brassica juncea	Padmavathiamma and Li (2007)

### ADABIYOTLAR TAHLILI VA METODOLOGIYA

**Fitostabilizatsiya** - og'ir metallarning ildizlarga singishi yoki rizosferada og'ir metallarning tuproqdagi ifloslantiruvchi moddalarning harakatchanligi cheklanadi. Bu jarayonda o'simlik fitostabilizatsiyani amalga oshirish uchun foydalaniladi, tuproq kimyosini o'zgartiradi va shuning uchun tuproqdagi og'ir metallarning so'rilishi va cho'kishi jarayonlarini osonlashadi.

**Fitoekstraksiya** - bu o'simlik kurtaklarida maksimal miqdorda ifloslantiruvchi moddalar ( 0,1% dan ko'prog'i) to'planishi ma'lum. Uning mezonlari bu o'simliklarni tanlash ifloslantiruvchi moddalarning ildizlardan poyaga o'tish darajasiga asoslanadi. [Lei, M.c 2018]. Zavodning ishlab chiqarish mahsulotlari orqali metallarning fitokaktsiyasidagi turlari aniqlanadi va tuproqdagi metall konsentratsiyasining nisbati va o'simlik tanlanadi. Fitoekstraksiyani amalga oshiradigan o'simliklar keyinchalik yig'ib olinadi va yoqib yuboriladi, qolgan kul utilizatsiya qilish uchun poligonga yuboriladi va shunday qilib, tuproqdagi ifloslantiruvchi moddalar olib tashlanadi [He, H. 2018].

**Fitodegradatsiya yoki fitotransformatsiya** - bu o'simliklar tomonidan o'zlashtirilgan ifloslantiruvchi moddalarning metabolik jarayonlar orqali parchalanishi. jyoki tashqarida ifloslantiruvchi moddalar degradatsiyasi ildizlar tomonidan ishlab chiqarilgan fermentlar (masalan, degalogenazlar, nitroreduktazalar va peroksidazlar) orqali.

**Fitovolatilizatsiya** - ifloslantiruvchi moddalarni o'zlashtirish jarayoni va uni kamroq zararli uchuvchan shakllarga aylantiradi. Bunday usulda, ifloslantiruvchi moddalar ildizlar tomonidan o'zlashtiriladi, poyataga o'tadi va burglar orqali atmosferada uchib ketadi.

**Rizofitratsiya** - bu ifloslantiruvchi moddalarni suv va suyuq chiqindilar ustiga toksinlarni cho'ktirish orqali sirt ildizlari yoki eriydigan ifloslantiruvchi moddalarning ildizlarga singishi. Tolali ildiz tizimi va katta sirt maydonlari orqali ifloslantiruvchi moddalarni o'zlashtiradi. Bu texnikada ildizlar muhim rol o'ynaydi. Ildiz eksudatlarini chiqarish orqali ba'zi o'simliklar turlari metallning eruvchanligini yoki harakatchanligini o'zgartirishi mumkin.

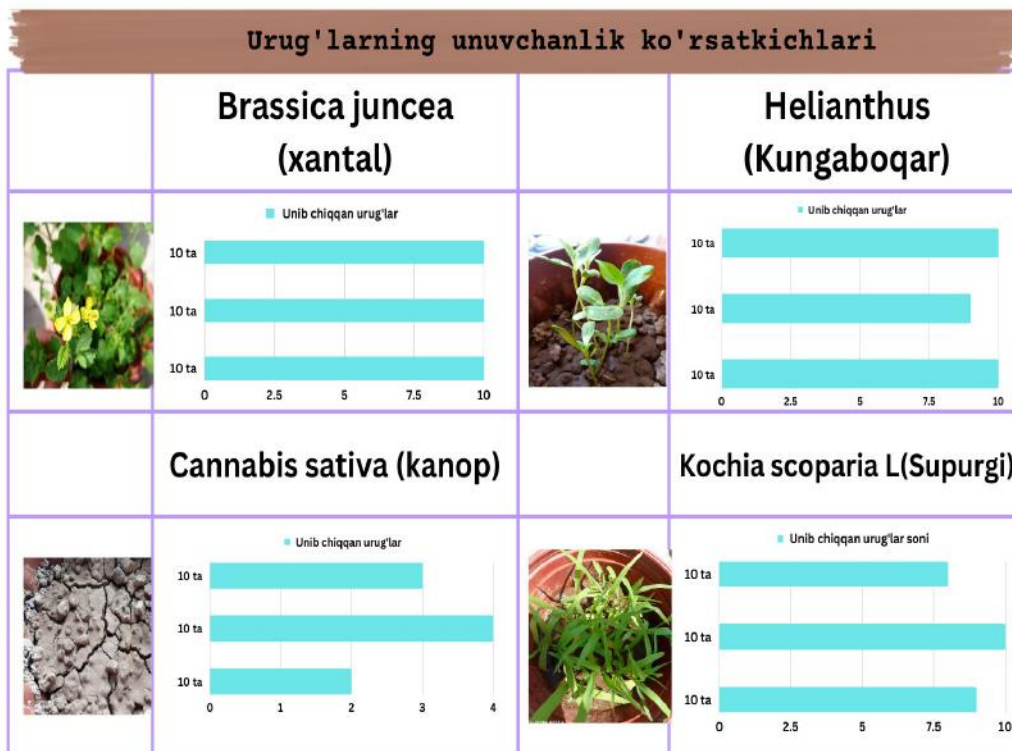
**Fitostabilizatsiya** - ushbu strategiyada ifloslantiruvchi moddalar o'simlik ildizlari tomonidan saqlanadi yoki ildiz eksudati uni cho'kma holatiga o'tkazadi. Shunday qilib, bu usul ifloslantiruvchi moddalarning harakatini kamaytiradi va yer osti suvlaridagi migratsiyani oldini oladi [Bouzid Nedjimi].

BIOLOGIYA

**Rizoremediatsiya** - usuli tuproqdagi uglevodorod ifloslantiruvchi moddalarni tozalaydi, hozir va kelajakda yo'qolish arafasida turgan yerlarni qayta tiklash uchun katta imkoniyat beradi. Bu iqtisodiy va ekologik jihatdan barqaror yechimdir [Jane Alexander Ruleya].

**NATIJA VA MUHOKAMA**

Kimyoviy qo'shimchalar sifatida ba'zi birikmalardan foydalanish, ayniqsa, tuproqdagi og'ir metallar mavjudligini va ularni olib tashlash uchun o'simliklarning potentsialini oshirib, fitoremediatsiya jarayonlarini yaxshilaydi. Asosiy afzalliklari orasida o'simliklar remediatsiyasi tuproqni kimyoviy holatini barqarorlashtiradi: (1) o'simliklar orqali metallarni zararsizlantirish, (2) toksik elementlar tomonidan hosil bo'ladigan stressning oldini olish, (3) tuproqning pH darajasi modifikatsiyasi, ferment faolligining oshishi, biomassa, fotosintetik pigmentlar va o'sish, (4) moddalarning migratsiyasi oshadi (5) og'ir metallarning zaharlilik qobilyatini pasaytiradi [Amauri Ponce-Hernández]. Atrof-muhitni ifloslantiruvchi moddalarni degradatsiyalashning an'anaviy usullari bilan solishtirganda, fitoremediatsiya eng yangi texnologiya bo'lib, atrof-muhitni tozalash uchun bir qator afzalliklarni beradi. Ushbu texnologiya keng tarqalgan bo'lib ifloslangan tuproq va suvlarni tozalashda qo'llaniladi, chunki bu texnologiya tejamkor va ekologik toza an'anaviy remediatsiya usullari bilan bog'liq [Bisma Malika].



1-rasm. **Uurg'larning unuvchanlik ko'rsatkichlari**

Xantal va supurgi o'simliklari yaxshi rivojlandi, xantal suvsevar o'simlik bo'lgani sababli, har 3 kun davomida 500 ml suv bilan taminlab turildi. Vegitatsiya davrlari ikkala o'simlikda yaxshi kechdi, xantal 1 oy ichida gullashni boshladi. Kungaboqar urug'lari yaxshi unib chiqqaniga qaramay, nihollari tuproqning zichligi sababli 2 haftada nobut bo'la boshladi. Xantal qolgan o'simliklar qaraganda tez unib chiqdi va tezda gulladi. Kungaboqar o'simligi esa unib chiqishda muammosiz ammo rivojlanish jarayonida 30% ko'chat qoldi, 3 haftada qolgan ko'chatlar ham tuproqqa moslasha olmay nobut bo'ldi.

**XULOSA**

Ushbu texnologiyada o'simliklar orqali parchalash va tuproqdan va oqava suvlardan ifloslantiruvchi moddalarni olib tashlash va uzatadi va ularni biomassaga aylantiradi. Biroq, uning kamroq qo'llanilishi laboratoriya va issiqxona tajribalarida sinovdan o'tkazildi, holbuki uning ba'zi ilovalari ushbu texnologiyaning to'liq samaradorligini ta'minlash uchun sohalarda etarli darajada sinovdan o'tgan. Bu yerda asosiy tadqiqotning boshlang'ich bosqichida ekanligini ta'kidlash muhimdir tomonidan va'da qilingan ulkan imtiyozlardan samarali foydalanish uchun ko'p jihatlar

yo'q bu texnologiyalar. Shu nuqtai nazardan, yangi bir nechta komiks vositalarining kombinatsiyasi o'simliklar fiziologiyasi, biokimyosi va genetikasi bo'yicha an'anaviy ma'lumotlar bilan haqidagi bilim va tushunchamizni sezilarli darajada osonlashtirishi kutilmoqda ifloslantiruvchi moddalarning parchalanishi uchun tegishli mexanizm. Genetika muhandisligi yondashuv va to'plangan ma'lumotlar yuqori darajadagi navlarni ishlab chiqarish uchun ishlatiladi va bu yondashuv ilgari qo'llanilishi isbotlangan va tegishli navlarni tanlash. ushbu texnologiya uchun turlar ham muvaffaqiyatli amalga oshirish uchun hal qiluvchi qadamdir. Bundan tashqari, fitoremediatsiya texnologiyasida ochiq muammolar mavjud o'simliklar va endofit mikroblarning genetik muhandisligi orqali mag'lub bo'lishi mumkin edi ifloslantiruvchi moddalarni samarali parchalash uchun fermentni haddan tashqari ifodalash qobiliyatiga ega va barqaror muhit.

#### ADABIYOTLAR RO'YXATI

1. Al-Baldawi, I.A., Abdullah, S.R.S., Anuar, N., Hasan, H.A., 2018. Phytotransformation of methylene blue from water using aquatic plant (*Azolla pinnata*). *Environ. Technol. Inno.* 11, 15–22. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2018.03.009>.
2. Amauri Ponce-Hernández, Paola Lucero Pérez, Angel Josabad AlonsoCastro, Candy Carranza-Álvarez. Chemical amendments and phytoremediation. *Phytoremediation. Biotechnological Strategies for Promoting Invigorating Environments.* <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-89874-4.00013-3> 2022, Pages 163-178.]
3. Ateeny Basambaa. Rhizoremediation of petroleum hydrocarbon-contaminated soils: A systematic review of mutualism between phytoremediation species and soil living microorganisms. *Phytoremediation. Biotechnological Strategies for Promoting Invigorating Environments.* <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-89874-4.00008-X> 2022, Jane Alexander Ruleya, Alice Amodinga, John Baptist Tumuhairwea, Twaha Pages 263-296
4. Bisma Malika, Tanveer Bilal Pirzadaha, Khalid Rehman Hakeemb. Phytoremediation of persistent organic pollutants (POPs). *Phytoremediation Biotechnological Strategies for Promoting Invigorating Environments.* <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-89874-4.00010-8> 2022, Pages 415-436
5. Bouzid Nedjimi. Phytoremediation: a sustainable environmental technology for heavy by Phytoremediation Mechanism: a Review. *Water Air Soil Pollut* (2020) 231: 47.
6. Cristaldi, A., Conti, G. O., Jho, E. H., Zuccarello, P., Grasso, A., Copat, C., & Ferrante, M. (2017). Phytoremediation of contaminated soils by heavy metals and PAHs. A brief review. *Environmental Technology & Innovation*, 8, 309–326.
7. Fayiga, A.O., Saha, U.K., 2016. Soil pollution at outdoor shooting ranges: health effects, bioavailability and best management practices. *Environ. Pollut.* 216, 135–145. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2016.05.062>.
8. He, H., Dong, Z., Pang, J., Wu, G. L., Zheng, J., & Zhang, X. (2018). Phytoextraction of rhenium by lucerne (*Medicago sativa*) and erect milkvetch (*Astragalus adsurgens*) from alkaline soils amended with coal fly ash. *Science of the Total Environment*, 630, 570–577. <https://doi.org/10.1007/s11270-020-4426-0>
9. Jiang, D.N., Zeng, G.M., Huang, D.L., Chen, M., Zhang, C., Huang, C., Wan, J., 2018. Remediation of contaminated soils by enhanced nanoscale zero valent iron. *Environ. Res.* 163, 217–227. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.01.030>
10. Lei, M., Wan, X., Guo, G., Yang, J., & Chen, T. (2018). Phytoextraction of arsenic-contaminated soil with *Pteris vittata* in Henan Province, China: Comprehensive evaluation of remediation efficiency correcting for atmospheric depositions. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 124–131.
11. Liang Y, Xiao Y, Fang J (2020) Prospect of phytoremediation combined with other approaches for remediation of heavy metal-polluted soils. *Environ Sci Pollut Res* 27:16069–16085 metals decontamination. *SN Applied Sciences* (2021) 3:286 | <https://doi.org/10.1007/s42452-021-04301-4>
12. S. Muthusaravanan, N. Sivarajasekar, J. S. Vivek, T. Paramasivan, Mu. Naushad, J. Prakashmaran, V. Gayathri, Omar K. Al-Duaij. Phytoremediation of heavy metals: mechanisms, methods and enhancements. *Environmental Chemistry Letters* (2018) 16:1339–1359 <https://doi.org/10.1007/s10311-018-0762-3>
13. Santucci, L., Carol, E., Tanjal, C., 2018. Industrial waste as a source of surface and groundwater pollution for more than half a century in a sector of the Río de la Plata coastal plain (Argentina). *Chemosphere* 206, 727–735. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2018.05.084>
14. Soo Hui Awa, Tony Hadibarata. Removal of Heavy Metals in Contaminated Soil. January 2020. *Water Air and Soil Pollution* 231(2) DOI: 10.1007/s11270-020-4426-0
15. Zeng, G.M., Wan, J., Huang, D.L., Hu, L., Huang, C., Cheng, M., Xue, W.J., Gong, X.M., Wang, R.Z., Jiang, D.N., 2017. Precipitation, adsorption and rhizosphere effect: the mechanisms for Phosphate-induced Pb immobilization in soils-A review. *J. Hazard Mater.* 339, 354–367. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2017.05.038>