

Qilichev Shohjahon Shomurod o'g'li.

O'zRFA Botanika instituti kichik ilmiy xodimi

E-mail: shohjahonqilichev76@mail.ru

Sharipova Vasila Qo'sinovna.

O'zRFA Botanika instituti katta ilmiy xodimi

E-mail: vasila_82@mail.ru

Turdiyev Doston Ergash o'g'li.

O'zRFA Botanika instituti kichik ilmiy xodimi

E-mail: doston.turdiyev.91@mail.ru

Axunova Hilola Ibroximovna.

O'zRFA Botanika instituti kichik ilmiy xodimi

E-mail: ahunova.hilola@yandex.ru

OG'IR METALL VA METALLOIDLAR BILAN ZARARLANGAN TUPROQLARNI FITOREMEDIATSIYA ORQALI TIKLASHNING NAZARIY ASOSLARI

Annotatsiya. Mazkur maqolada og'ir metall va metalloidlar bilan zararlangan tuproqlarning ekologik jihatdan xavfsiz va barqaror tiklanishida istiqbolli biologik yondashuv – fitoremediatsiya usuli tahlil qilinadi. Fitoremediatsiya yuqori tolerantlikka, giperakkumulyator xususiyatlarga ega o'simlik turlaridan foydalanishga asoslanadi. Ushbu usul orqali tuproqdagi zaharli birikmalarni yo'qotish yoki ularni inert shaklga aylantirish mumkin. Turli hududlarda samarali bo'ladigan o'simlik turlarining tanlanishi, ularning biologik va morfo-fiziologik xususiyatlarini o'rganish fitoremediatsiyaning muvaffaqiyatli amalga oshirilishi uchun muhim omillardan biri sifatida qaraladi.

Kalit so'zlar: fitoremediatsiya, geperakkumulyatorlar, og'ir metallar, tuproq zararlanishi, arid hududlar.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ПОЧВ, ЗАГРЯЗНЕННЫХ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ И МЕТАЛЛОИДАМИ, ПУТЕМ ФИТОРЕМЕДИАЦИИ

Аннотация. В данной статье рассматривается перспективный биологический подход – метод фиторемедиации, как экологически безопасный и устойчивый способ восстановления почв, загрязнённых тяжёлыми металлами и металлоидами. Фиторемедиация основана на использовании растений с высокой толерантностью и гипераккумуляторными свойствами. Этот метод позволяет удалить токсичные соединения из почвы или перевести их в инертную форму. Выбор эффективных видов растений для различных регионов, а также изучение их биологических и морфо-

физиологических характеристик рассматриваются как важнейшие факторы успешного применения фиторемедиации.

Ключевые слова: фиторемедиация, гипераккумуляторы, тяжёлые металлы, загрязнение почвы, аридные регионы.

THEORETICAL BASIS OF THE RESTORATION OF SOILS CONTAMINATED BY HEAVY METALS AND METALLOIDS THROUGH PHYTOREMEDIATION

Abstract. This article analyzes a promising biological approach – phytoremediation, as an environmentally safe and sustainable method for restoring soils contaminated with heavy metals and metalloids. Phytoremediation is based on the use of plant species with high tolerance and hyperaccumulating properties. Through this method, toxic compounds in the soil can be removed or transformed into inert forms. The selection of effective plant species for different regions and the study of their biological and morpho-physiological characteristics are considered key factors for the successful implementation of phytoremediation.

Keywords: phytoremediation, hyperaccumulators, heavy metals, soil contamination, arid regions.

Kirish

So‘nggi o‘n yilliklarda sanoat faoliyatining kengayishi, aholi sonining o‘sishi va qishloq xo‘jaligi yuklamasining ortishi natijasida og‘ir metallar va metalloidlar bilan zararlanish global muammo darajasiga ko‘tarildi. Sanoat, konchilik va urbanizatsiya jarayonlari kuchaygan mintaqalarda ushbu zararlantiruvchi moddalarning to‘planishi tuproq sifati, biologik xilma-xillik va inson salomatligiga jiddiy tahdid solmoqda [12, 23].

Dunyo olimlari zararlangan hududlarning meliorativ holatini yaxshilash bo‘yicha juda ko‘p ilmiy izlanishlar va tadqiqotlar olib borishmoqda [4]. Bu izlanishlar samarasi sifatida hududning tabiiy holatini tiklashda eng arzon va samarali usul sifatida fitoremediatsiya jarayoni ilgari surilmoqda [6, 15]. Zamonaviy ekologik tadqiqotlarda og‘ir metallar va metalloidlar bilan zararlangan tuproqlarni remediatsiya qilish masalasi alohida ahamiyat kasb etmoqda. Ayniqsa, qurg‘oqchil, sho‘rxok va gipsli hududlarda bu turdagi zararlanishlar nafaqat ekotizimlarning funksional barqarorligiga, balki inson salomatligiga ham jiddiy xavf tug‘dirmoqda. An‘anaviy remediatsiya usullari, odatda, energiya sarfi yuqori,

iqtisodiy jihatdan qimmat va ekologik jihatdan zararli bo'lishi mumkin [8]. Shuning uchun, fitoremediatsiya kabi yashil texnologiyalarning rivojlantirilishi ilmiy-amaliy muammo sifatida dolzarbligini saqlab kelmoqda.

Tahlillar va natijalar

Fitoremediatsiya bilan bog'liq ilmiy adabiyotlar soni yildan-yilga ortib bormoqda. Tadqiqotlar og'ir metallarning ekologik va sog'liq uchun xavflarini, ularning manbalarini va bioakkumulyatsiya va biomagnifikatsiya mexanizmlarini to'liq yoritib bera olgani yo'q [27]. Ularning ko'pchiligi juda past konsentratsiyalarda ham toksikdir; mishyak (As), kadmiy (Cd), xrom (Cr), mis (Cu), qo'rg'oshin (Pb), simob (Hg), nikel (Ni), selen (Se), kumush (Ag), rux (Zn) va boshqalar nafaqat sitotoksik, balki kanserogen va mutagen xususiyatga ega [26].

Ba'zi metallar o'simliklar o'sishi va optimal ishlashi uchun juda oz miqdorda talab qilinadi. Biroq, sanoat asri tufayli tuproq va suvda bir nechta metallarning kontsentratsiyasining ortib borishi inson hayoti, flora va fauna uchun xavotirli vaziyatni yaratadi. Ularning ruxsat etilgan miqdorlari, toksik ta'sirlari va manbalari tahlil qilindi (1-jadval).

Turli tadqiqotchilar og'ir metallar bilan ifloslangan tuproqlarni qayta tiklash uchun turli tajribalar orqali dala maydonlariga kimyoviy ishlov berish, issiqlik bilan ishlov berish, elektroremediatsiya, tuproqni almashtirish, yog'ingarchilik va kimyoviy yuvish kabi og'ir metallarni zararsizlantirish uchun turli usullardan foydalanmoqda [23].

Biroq, bunday texnologiyalarning aksariyati og'ir metallarni butunlay yo'q qilish uchun qimmat yoki samarasizdir [25]. Olib borilgan izchil tadqiqotlar natijasida atrof-muhitdan turli elementlarni ajratib olib, ularni to'qimalarida to'playdigan yashil o'simliklar mavjud ekanligi haqidagi nazariyalar shakllana boshladi. Bunga ko'ra zararlangan hudud zonalarini flora tarkibining ayrim turlaridan foydalangan holda tabiiy usulda tozalash imkoni paydo bo'ldi. Atrof-muhitni tozalashning bu usuli fitoremediatsiya, yunoncha "fiton" (o'simlik) va lotincha "remedium" (qayta tiklash) deb nomlana boshlandi.

Fitoremediatsiya – zararlangan ekotizimlarni o‘simliklar yordamida tozalash usuli bo‘lib, u o‘simliklarning fiziologik jarayonlaridan foydalangan holda zararlantiruvchi moddalarni yutish, qayta ishlash va yo‘q qilishning tabiiy jarayonlariga asoslanadi. So‘nggi yillarda fitoremediatsiya an‘anaviy tozalash usullariga ekologik toza va tejankor alternativ sifatida katta e‘tibor berilmoqda [18].

Mazkur usul iqtisodiy va ekologik jihatdan qulay usuldir, chunki u zararlangan tuproq va suvdan zararlantiruvchi moddalarni o‘z ichiga olish, ajratish yoki zararsizlantirish uchun yashil o‘simliklardan foydalanadi [5].

Ushbu texnologiya samarali, arzon va atrof-muhitga moslasha oladigan texnologiya hisoblanadi [13, 22,]. Tuproq sharoitlari, zararlantiruvchi moddalar va foydalaniladigan o‘simliklarning turlariga ko‘ra, fitoremediatsiya quyidagi turlarga bo‘linadi [2-jadval].

1-jadval

Ba‘zi og‘ir metallarning inson salomatligiga toksik ta’siri

No	Og‘ir metallar	EPA tartibga solish chegarasi (ppm, $1 \cdot 10^{-6}$)	Toksik ta’sirlar	Manbalar
1	Ag	0.10	Teri va boshqa tana to‘qimalarining kulrang yoki ko‘k-kulrang rangga aylanishiga, nafas olish muammolariga, o‘pka va tomoqning qirilish xususiyati va oshqozon og‘rig‘iga olib kelishi mumkin.	[3]
2	As	0.01	Oksidlanishli fosforlanish va ATF sintezi kabi muhim hujayra jarayonlariga ta’sir qiladi	[28]
3	Ba	2.0	Yurak aritmiyalari, nafas olish yetishmovchiligi, oshqozon-ichak disfunktsiyasi, mushaklarning burishishi va qon bosimining oshishiga olib keladi.	[2]
4	CD	5.0	Kantserogen, mutagen, o‘pka shikastlanishi va suyaklarning mo‘rtlashishiga, biologik tizimlarda kaltsiyni tartibga solishga ta’sir qiladi.	[10, 26]
5	Cr	0.1	Soch to‘kilishiga olib keladi	[26]
6	Cu	1.3	Miya va buyraklarning shikastlanishi, yuqori darajada jigar sirrozi va surunkali anemiya, oshqozon va ichakning yaranishi xususiyatini keltirib chiqaradi.	[26, 30]
7	Hg	2.0	Autoimmun kasalliklar, depressiya, uyquchanlik, charchoq, soch to‘kilishi, uyqusizlik, xotirani yo‘qotish, bezovtalik, ko‘rishning susayishi, titroq, asabiylilik, miya shikastlanishi,	[1, 13, 21]

			o'pka va buyrak yetishmovchiligi	
8	Ni	0.2	Allergik teri kasalliklari, masalan, qichishish, o'pka, burun, sinuslar, tomoq saratoni, doimiy nafas olish orqali, immunotoksik, neyrotoksik, genotoksik, tug'ilishga, soch to'kilishiga ta'sir qiladi.	[9, 11, 16, 26]
9	Pb	15	Bolalarda rivojlanishning buzilishiga, aqlning pasayishiga, qisqa muddatli xotiraning yo'qolishiga, yurak-qon tomir kasalliklariga olib keladi.	[22, 26, 30]
10	Se	50	Oshqozon-ichak traktining buzilishiga ta'sir qiladi.	[29]
11	Zn	0.5	Bosh aylanishi, charchoqni keltirib chiqaradi.	[14]

Izoh: Jadval Jahon sog'liqni saqlash tashkiloti (JSST) ruxsat etgan chegara asosida tuzilgan.

Fitoremediatsiya zararlantiruvchi moddalarni parchalash, olib tashlash yoki immobilizatsiya qilish uchun degradatsiya (rizo-degradatsiya, fitodegradatsiya), to'plash (fitoekstraksiya, rizofiltratsiya), dissipatsiya (fitovolatilizatsiya) va immobilizatsiya (gidravlik nazorat va fitostabilizatsiya) kabi ko'plab mexanizmlardan foydalanadi [24]. Zararlantiruvchi moddalarga qarab, o'simliklar tuproq va suv konsentratsiyasini kamaytirish uchun ushbu mexanizmlarning bir yoki bir nechtasidan foydalanadilar. Misol uchun, o'simliklar o'z to'qimalarida og'ir metallarni oladi va to'playdi va organik zararlantiruvchi moddalarni parchalaydi, ularning tuproq va suv resurslarida toksikligini kamaytiradi [19]. Ushbu jarayonini amalga oshirishda floradagi ayrim o'simliklarga o'ziga turli organik chiqindilar va og'ir metallarni singdirish qobiliyatiga ega. Fitoremediatsiya uchun ideal o'simlik turlari yuqori biomassa hosil qiluvchi, metallar va zararlantiruvchi moddalarning toksik ta'siriga chidamli, o'stirish oson, yuqori singdirish qobiliyatiga ega bo'lishi kerak. O'simliklar tez o'sishi, yuqori biomassasi va zararlangan tuproqlarda o'stirilganda zaharlilik belgilarisiz ko'p miqdorda og'ir metallarni ajratib olish va to'plash qobiliyatiga ega bo'lganida og'ir metallarga bardoshli yoki giperakkumulyatorlar deb nomlanadi [17].

2-jadval

Fitoremediatsiya turlari va tamoyillari

№	Turlari	Tamoyillar
1	Fitoekstraksiya	Tuproqdan yoki suvdan zararlantiruvchi moddalarni o'simlik ildizlari orqali o'zlashtirishi va yer usti biomassasida to'planishi.

2	Fitostabilizatsiya	O'simliklardan tuproqdagi zararlantiruvchi moddalarni barqarorlashtirish uchun qo'llash.
3	Fitofiltratsiya	Atrof-muhitni zararlantiruvchi moddalarni ildiz tizimi orqali olib tashlash, adsorbsiya yoki yog'ingarchilik suvi orqali atrofdagi zararlantiruvchi moddalarning o'zlashtirishi.
4	Fitovolatilizatsiya	Zararlantiruvchi moddalar ildiz darajasida so'riladi, ksilema orqali tashiladi va havodan atmosferaga chiqariladi, natijada o'simlik qismlari kamroq zaharli shakllardagi metallarni o'zlashtiradi.
5	Fitodesalinatsiya	Sho'rlangan tuproqlardan o'simliklar orqali ortiqcha tuzlarni olib tashlash.
6	Fitodegradatsiya va rizodegradatsiya	O'simliklar fitodegradatsiya deb nomlanuvchi jarayon orqali o'simlik to'qimalarida zararlantiruvchi moddalarni metabollashi va yo'q qilishi mumkin.
7	Fitobug'lanish	Tuproqdan yoki suvdan ildiz orqali ifloslantiruvchi moddalarni yutish, uni uchuvchan shaklga aylantirish va keyinchalik atmosferaga chiqarilishi.

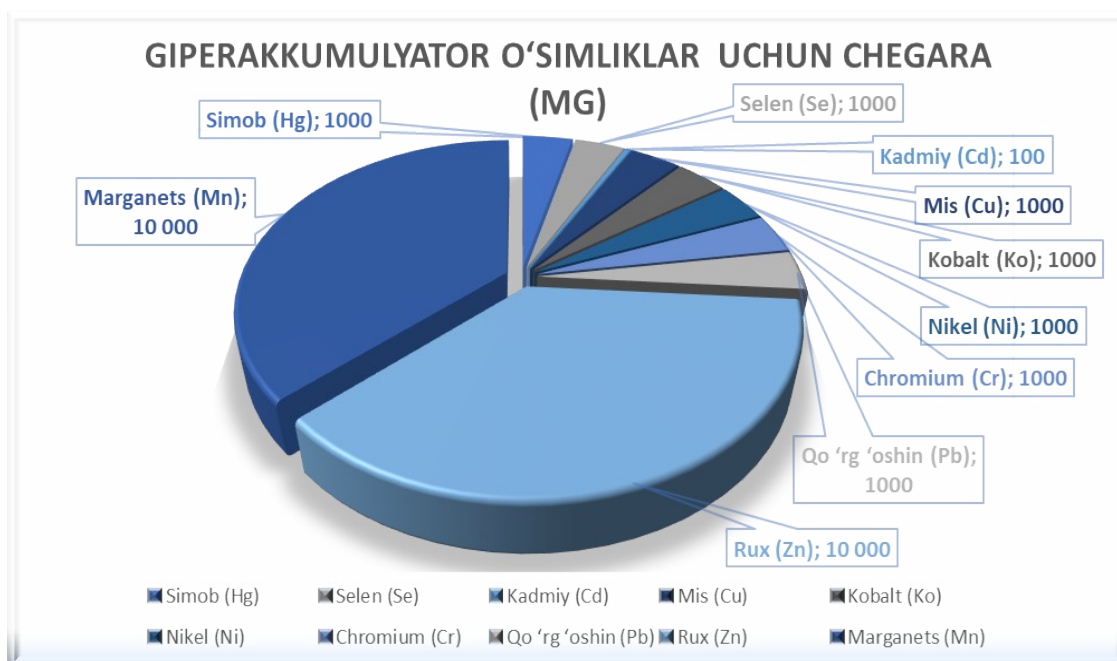
Giperakkumulyatorlar o'zlarining tirik to'qimalarida ma'lum metallar yoki metalloidlarni to'playdigan g'ayrioddiy o'simliklardir, bu ko'pchilik o'simliklar uchun odatdagidan yuzlab yoki minglab marta ko'p bo'lishi mumkin. Bunday o'simliklar muhim fundamental qiziqish va amaliy ahamiyatga ega. Ular fundamental fan uchun metall tartibga solishni, shu jumladan metallni qabul qilish, tashish va sekvestrlash fiziologiyasini, shuningdek, ekstremal muhitda evolyutsiya va moslashishni tushunish uchun istisno modellardir. Bu o'simliklar tanasining turli qismlarida (ildiz, poya, barg) turli ko'rinishdagi og'ir metallarni to'playdi. To'plangan zaharli moddalarni ikki asosiy yo'l orqali zararsizlantiradi.

Bular:

1. Giperakkumulyator o'simliklar og'ir metallarni atmosferaga atom zarralari ko'rinishida translyatsiya qiladi.

2. Bu o'simliklar og'ir metallarni hujayra organlarining faol bo'lmagan qismlarida to'plab zahira sifatida saqlaydi.

Yuqorida ta'kidlanganidek o'simliklarni og'ir metallarni zahira holda to'plash chegarasi mavjud. Olimlar tadqiqotlari natijasiga ko'ra tarkibida og'ir metallarning ma'lum miqdor normasini to'play olgan o'simliklarga giperakkumulyator o'simliklar sanaladi [7]. Turli ilmiy manbalar bo'yicha giperakkumulyator o'simliklarning og'ir metallarni qabul qilish standartlari mavjud (1-rasm).



1-rasm. Giperakkumulyator o'simlik turlarini aniqlash chegarasi mg larda (1 kg quruq o'simlik massasiga nisbatan) ifodalangan.

Yuqoridagi rasmda ko'rinib turibdiki har bir giperakkumulyator o'simliklar quruq massasi uchun ma'lum og'irlikdagi og'ir metallar miqdor normasi mavjud. O'simliklar belgilangan norma va undan yuqori miqdordagi og'ir metallarni to'plash va zararsizlantirishi orqali shu moddalar uchun giperakkumulyatorlik xususiyatini namoyon etadi.

Tuproqdan og'ir metallarni olib tashlash uchun giperakkumulyatorli turli hayotiy shakilga ega o'simliklardan foydalanish uning rivojlanishi uchun yangi strategiyalarni talab qiladi. Bunga yangi giperakkumulyator turlarining xilma-xilligini topish va baholash orqali yoki gen injeneriyasi sohasida tadqiqotlar olib borish orqali ham erishish mumkin.

Xulosa

Shunday qilib, fitoremediatsiya – barqaror ekologik boshqaruvning asosiy yo'nalishlaridan biri bo'lib, zararlangan muhitni qayta tiklashda samarali vosita sifatida tan olinmoqda. Uning muvaffaqiyati uchun biologik resurslarni ilmiy asosda tanlash, monitoring tizimlarini joriy qilish, fitogeografik va agroklimatik sharoitlarga moslashtirilgan texnologiyalarni ishlab chiqish muhimdir.

Markaziy Osiyo xususan O'zbekistonning turli hududlari, ishlab chiqarish zonalari, neft va og'ir metallar bilan zararlangan ekologik obyektlar hamda yuqori sho'rlanish hududlari mavjud muammolarni bartaraf etish uchun chuqur ilmiy tadqiqotlarni talab etmoqda. Izlanishlarning eng samarali usullaridan biri bu fitoremediatsiya jarayonidir. Fitoremediatsiya sho'rlanish va og'ir metallarni zararsizlantirishning boshqa kimyoviy usullariga nisbatan arzon, ijtimoiy maqbul va ekologik xavfsiz texnologiyasidir. Ushbu maqola fitoremediatsiya bo'yicha mavjud ilmiy asoslarni tizimlashtirish, amaliy tavsiyalar ishlab chiqish va istiqbolli tadqiqot yo'nalishlarini belgilashga xizmat qiladi.

Foydalanilgan adabiyotlar.

1. Ainza, C., Trevors, J., & Saier, M. (2010). Environmental mercury rising. *Water Air Soil Poll.*, 205, 47–48.
2. Acobs, I.A., Taddeo, J., Kelly, K., & Valenziano, C. (2002). Poisoning as a result of barium styphnate explosion. *Am. J. Ind. Med.*, 41, 285–288.
3. Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR). (1990). *Toxicological Profile for Silver*. U.S. Department of Health and Human Services, Public Health Service: Atlanta, GA, USA.
4. Ali, H., Khan, E., & Sajad, M.A. (2013). Phytoremediation of heavy metals —concepts and applications. *Chemosphere*, 91, 869–881.
5. Ashraf, M., Ozturk, M., & Ahmad, M.S.A. (2010). Toxins and their phytoremediation. In M. Ashraf, M. Ozturk, & M.S.A. Ahmad (Eds.), *Plant adaptation and phytoremediation* (pp. 1–32). Springer, Berlin.
6. Ashraf, S., Ali, Q., Zahir, Z.A., Ashraf, S., & Asghar, H.N. (2019). Phytoremediation: Environmentally sustainable way for reclamation of heavy metal polluted soils. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 174, 714–727.
7. Baker, A.J.M., & Brooks, R.R. (1989). Terrestrial higher plants which hyperaccumulate metallic elements - a review of their distribution, ecology and phytochemistry. *Biorecovery*, 1, 81–126.
8. Chaoqun Wang, Lirong Deng, Yongxiang Zhang, Mingtao Zhao, Meiqi Liang, Lien-Chieh Lee, Chicaiza-Ortiz Cristhian, Long Yang, & Tonghui He. (2024). Farmland phytoremediation in bibliometric analysis. *Journal of Environmental Management*, 351, 119971. ISSN 0301-4797.
9. Das, N., Vimala, R., & Karthika, P. (2008). Biosorption of heavy metals—An overview. *Indian J. Biotechnol.*, 7, 159–169.

10. Degraeve, N. (1981). Carcinogenic, teratogenic and mutagenic effects of cadmium. *Mutat. Res.*, 86, 115–135.
11. Duda-Chodak, A., & Baszczyk, U. (2008). The impact of nickel on human health. *J. Elementol.*, 13, 685–696.
12. Farooq, M.S., Uzair, M., Raza, A., Habib, M., Xu, Y., Yousuf, M., Yang, S.H., & Ramzan Khan, M. (2022). Uncovering the research gaps to alleviate the negative impacts of climate change on food security: A review. *Front. Plant Sci.*, 13, 927535.
13. Gulati, K., Banerjee, B., Bala Lall, S., & Ray, A. (2010). Effects of diesel exhaust, heavy metals and pesticides on various organ systems: Possible mechanisms and strategies for prevention and treatment. *Indian J. Exp. Biol.*, 48, 710–721.
14. Hess, R., & Schmid, B. (2002). Zinc supplement overdose can have toxic effects. *J. Pediat. Hematol. Onc.*, 24, 582–584.
15. Kerkovius, B. (2024). Phytoremediation for combating heavy metal pollution in water and soil. *Ukrainian Journal of Ecology*, 14, 31–33.
16. Khan, M.A., Ahmad, I., & Rahman, I. (2007). Effect of environmental pollution on heavy metals content of *Withania somnifera*. *J. Chin. Chem. Soc.*, 54, 339–343.
17. Kramer, U. (2010). Metal hyperaccumulation in plants. *Annu Rev Plant Biol.*, 61, 517–534.
18. Liu, S., Yang, B., 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.
19. Mahar, A., Wang, P., Ali, A., Awasthi, M.K., Lahori, A.H., Wang, Q., Li, R., & Zhang, Z. (2016). Challenges and opportunities in the phytoremediation of heavy metals contaminated soils: a review. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 126, 111–121.
20. Nadjimi, B. (2020). Germination characteristics of *Peganum harmala* L. (Nitrariaceae) subjected to heavy metals: implications for the use in polluted dryland restoration. *Int J Environ Sci Technol.*, 17, 2113–2122.
21. Neustadt, J., & Pieczenik, S. (2007). Toxic-metal contamination: Mercury. *Integr. Med.*, 6, 36–37.
22. Padmavathiamma, P.K., & Li, L.Y. (2007). Phytoremediation technology: Hyperaccumulation metals in plants. *Water Air Soil Poll.*, 184, 105–126.
23. Pandey, P., Ramegowda, V., & Senthil-Kumar, M. (2015). Shared and unique responses of plants to multiple individual stresses and stress combinations: Physiological and molecular mechanisms. *Front. Plant Sci.*, 6, 723.

24. Pivetz, B.E. (2001). *Phytoremediation of contaminated soil and ground water at hazardous waste sites*. US Environmental Protection Agency.
25. Rivero, R.M., Mestre, T.C., Mittler, R.O., Rubio, F., Garcia-Sanchez, F., & Martinez, V. (2014). The combined effect of salinity and heat reveals a specific physiological, biochemical and molecular response in tomato plants. *Plant Cell Environ.*, 37, 1059–1073.
26. Salem, H.M., Eweida, E.A., & Farag, A. (2000). Heavy metals in drinking water and their environmental impact on human health. Cairo University: Giza, Egypt, pp. 542–556.
27. Tchounwou, P. B., Yedjou, C. G., Patlolla, A. K., & Sutton, D. J. (2012). Heavy metal toxicity and the environment. In *Molecular, Clinical and Environmental Toxicology* (Vol. 101, pp. 133–164). https://doi.org/10.1007/978-3-7643-8340-4_6
28. Tripathi, R.D., Srivastava, S., Mishra, S., Singh, N., Tuli, R., Gupta, D.K., & Maathuis, F.J.M. (2007). Arsenic hazards: Strategies for tolerance and remediation by plants. *Trends Biotech.*, 25, 158–165.
29. Vinceti, M., Wei, E.T., Malagoli, C., Bergomi, M., & Vivoli, G. (2001). Adverse health effects of selenium in humans. *Rev. Environ. Health*, 16, 233–251.
30. Wuana, R.A., & Okieimen, F.E. (2011). Heavy metals in contaminated soils: A review of sources, chemistry, risks and best available strategies for remediation. *ISRN Ecol.*, 2011, Article 20.