



Հայաստանի կենսաբ. հանդես, 2 (71), 2019

**ՊՂՆՁՈՎ ԵՎ ՄՈԼԻԲԴԵՆՈՎ ԱՐՏՈՏՎԱԾ ՀՈՂԵՐՈՒՄ ԱՃՈՂ
ARTEMISIA VULGARIS ԵՎ MEDICAGO COERULEA
ԲՈՒՄԱՏԵՍԱԿՆԵՐԻ ՖԻՏՈՔՏՐԱԿՄԱԿՑԻԱՅԻ ՆԵՐՈՒԺԻ
ԲԱՑԱՀԱՅՏՈՒՄԸ**

Կ.Ա. ՂԱԶԱՐՅԱՆ

Երևանի պետական լիսնախարան,
kghazaryan@ysu.am

Ուսումնասիրվել են *Artemisia vulgaris* և *Medicago coerulea* բուսատեսակների պղնձի, մոլիբդենի կուտակման ունակությունը, ֆիտոէքստրակցիայի ներուժը և բացահայտվել են NH_4NO_3 -ի ու EDTA-ի ազդեցությունները պղնձի և մոլիբդենի կուտակման ունակության փոփոխության վրա: Հետազոտության արդյունքները ցույց են տվել, որ պղնձով աղտոտված հողերի մաքրման նպատակով *Artemisia vulgaris* և *Medicago coerulea* բուսատեսակների աճեցման ժամանակ ֆիտոէքստրակցիայի գործընթացի արդյունավետության բարձրացման համար անհրաժեշտ է օգտագործել խելատացնող նյութեր, իսկ մոլիբդենի դեպքում՝ լրացուցիչ խելատացնող նյութերի օգտագործումը նպատակահարմար չէ:

Հողերի աղտոտում – ծանր մետաղներ – ֆիտոռեմեդիացիա – ֆիտոէքստրակցիա

Исследовались способность растений *Artemisia vulgaris* и *Medicago coerulea* накапливать медь и молибден, их фитоэкстракционный потенциал, а также было выявлено влияние NH_4NO_3 и EDTA на изменение способности накапливать медь и молибден. Результаты исследования показывают, что при выращивании *Artemisia vulgaris* и *Medicago coerulea* для очистки почвы, загрязненной медью, для повышения эффективности фитоэкстракции необходимо использовать хелатирующие вещества, а в случае молибдена использование дополнительных хелатирующих веществ не рекомендуется.

Загрязнение почвы – тяжелые металлы – фиторемедиация – фитоэкстракция

The ability of *Artemisia vulgaris* and *Medicago coerulea* plant species to accumulate copper and molybdenum as well as their phytoextraction potential were studied. The influence of NH_4NO_3 and EDTA on changes of copper and molybdenum accumulation ability was also detected. Study results indicate that during the growth of *Artemisia vulgaris* and *Medicago coerulea* to clean the soils polluted by copper for the enhancement of phytoextraction effectiveness it is necessary to use chelating agents, but in the case of molybdenum the use of additional chelating agents is not advisable.

Soil pollution – heavy metals – phytoremediation – phytoextraction

Ներկայումս հողերի աղտոտումը ծանր մետաղներով դարձել է կարևորագույն էկոլոգիական հիմնախնդիրներից մեկը [16]: Հողի մեջ ծանր մետաղների բարձր խտություններով պարունակությունը կարող է խիստ թունավոր ազդեցություն թողնել ինչպես էկոհամակարգի տարբեր բաղադրիչների, այնպես էլ ամբողջ էկոհամակարգի վրա [19, 22]: Այն կարող է նաև վնաս հասցնել մարդկանց առողջությանն ուղղակիորեն՝

օդում պարունակվող աղտոտիչների շեղանման կամ ծանր մետաղներով աղտոտված խմելու ջրի միջոցով, կամ էլ միջնորդավորված կերպով՝ սնման շղթայի աղտոտման հետևանքով [1]: Հանքարդյունաբերությունը հանդիսանում է ծանր մետաղներով շրջակա միջավայրի աղտոտման հիմնական աղբյուրներից մեկը [2, 20]: Հաշվի առնելով այն փաստը, որ հանքարդյունաբերությունը հանդիսանում է Հայաստանի Հանրապետության արդյունաբերության հիմնական ճյուղերից մեկը, այս հիմնախնդիրը խիստ արդիական է մեր երկրում [8]:

Հողերի վերականգնումը (ռեմեդիացիան) կարող է նվազեցնել շրջակա միջավայրի վրա ծանր մետաղների հնարավոր բացասական ազդեցությունը և պահպանել հողը՝ որպես կարևոր բնական պաշար: Աղտոտված հողերի ռեմեդիացիայի համար տարբեր գիտնականների կողմից մշակվել են մի շարք մեթոդներ, որոնք բաժանվում են երկու հիմնական խմբի՝ ավանդական, տեխնիկական, ֆիզիկական և քիմիական, օրինակ՝ հողի փոխարինումը կամ վազումը, ջերմային դետրեքցիան, թթվային լուծամզումը և նոսրացումը [14, 23], և ժամանակակից մեթոդներ, օրինակ՝ բույսերի միջոցով, այն է՝ ֆիտոռեմեդիացիայի մեթոդները [4, 5, 6, 13]: Աղտոտված հողերի ռեմեդիացիայի ժամանակակից մեթոդներն առավել ընդունելի են հասարակության կողմից, անվտանգ են շրջակա միջավայրի համար և ֆինանսական մեծ ծախսեր չեն պահանջում [7]:

Ֆիտոռեմեդիացիան բնորոշվում է որպես բույսերի օգտագործման միջոցով շրջակա միջավայրից աղտոտիչների հեռացման կամ դրանք անվնաս դարձնելու մեթոդ [11, 15]: Տարբերվում է ֆիտոռեմեդիացիայի մի բանի եղանակ՝ ֆիտոէքստրակցիա (բույսերի կողմից աղտոտիչների կլանում և կենսազանգվածի հետ միասին աղտոտված տարածքից հեռացում), ֆիտոստաբիլիզացիա (բույսերի կողմից աղտոտիչների իմոբիլիզացիա), ֆիտոդեգրադացիա (բույսերի կողմից աղտոտիչների կլանում և քայքայում), ֆիտովոլատիլիզացիա (բույսերի մակերեսից գոլորշիացման միջոցով աղտոտիչների հեռացում) և ռիզոֆիտորացիա (բույսերի արմատների կողմից աղտոտիչների արտոքցիա կամ աղսորքցիա):

Ֆիտոէքստրակցիայի գործընթացի ժամանակ աղտոտված հողերից ծանր մետաղների կլանման արդյունավետությունը սահմանափակվում է մի շարք գործոններով, մասնավորապես բույսերի համար տվյալ մետաղների կենսամատչելիությունով [17]: Խելատացնող նյութերի կիրառումը կարող է բարձրացնել ծանր մետաղների կենսամատչելիության աստիճանը և նպաստել բույսերի կողմից դրանց կլանմանը և վերգետնյա օրգաններ տեղափոխմանը [12, 17, 18]: Այս քիմիական հավելումներն առաջացնում են մետաղների ջրալուծ կոմպլեքսներ՝ դրանց դարձնելով ավելի կենսամատչելի արմատների կողմից կլանման համար, և ճանաչվել են որպես հողից մետաղների հեռացման լավ միջոց [21]:

Հաշվի առնելով այս ամենը, հետազոտության նպատակներն են՝ (1) բացահայտել *Artemisia vulgaris* և *Medicago coerulea* բուսատեսակների պղինձ, մոլիբդեն կուտակման ունակությունը, ֆիտոէքստրակցիայի ներուժը և (2) NH_4NO_3 ու EDTA-ի ազդեցությունները *Artemisia vulgaris* և *Medicago coerulea* բուսատեսակների կողմից պղինձի և մոլիբդենի կուտակման ունակության փոփոխության վրա:

Նյութ և մեթոդ: Ֆիտոռեմեդիացիայի համար նախատեսված հողերը բերվել են Հայաստանի հարավ-արևելյան շրջանից (Չանգեզուրի պղնձամոլիբդենային կոմբինատի շրջակայքից): Դրանք պատկանում են լեռնանտառային դարչնագույն հողերի տիպին:

Այս տարածքում մեր կողմից իրականացված նախկին ուսումնասիրություններից պարզվել էր, որ հողերը աղտոտված էին որոշ ծանր մետաղներով, մասնավորապես պղնձով և մոլիբդենով [9]:

Ուսումնասիրությունների համար նախատեսված հողանմուշները չորացվել են սենյակային պայմաններում (20–22°C), տրորվել սանդղում և անցկացվել 1 մմ մաղով: Մետաղների վերլուծության համար նախատեսված հողերի նմուշները պահվել են սառնարանում: Ծանր մետաղների ընդհանուր պարունակությունը որոշելու համար հողը տրորվել է սանդի մեջ և անցկացվել 0,15 մմ նեյլոնե մաղի միջով: Պղնձի և մոլիբդենի ընդհանուր պարունակության որոշման համար հողի նմուշը տարրալուծվել է $\text{HNO}_3 + \text{HClO}_4 + \text{HF}$ (5:1:1, v:v:v) թթվային խառնուրդում (2 ժ, 180°C) [3]: Ծանր մետաղների պարունակությունը որոշվել է ատոմային արտոքցիոն սպեկտրաչափային մեթոդով՝ ԱԱՍ սարքի միջոցով (Atomic-absorption spectrometer PG990):

Հողանմուշներում կենսամատչելի պղնձի և մոլիբդենի որոշման համար 1 գ մանրացված հողի վրա ավելացվել 40 մկ 0,11 մոլ/լ բացախաթթու, պահվել է 16ժ՝ 20–22°C պայմաններում, ապա ֆիլտրվել և ֆիլտրատում որոշվել է պղնձի ու մոլիբդենի պարունակությունը ԱԱՍ սարքի միջոցով [10]:

Ex situ փորձերն իրականացվել են 2016թ. ապրիլ-հունիս ամիսներին՝ 12 լիտր ծավալով անոթների մեջ: *Artemisia vulgaris* և *Medicago coerulea* բուսատեսակներն աճեցվել են չոր տարբեր սխեմաներով՝ երեքական օրինակով:

Չորս սխեմաներն են. 1) չաղտոտված հող (ստուգիչ), 2) աղտոտված հող, 3) աղտոտված հող + NH₄NO₃ (0.1 գ/կգ հող), 4) աղտոտված հող + NH₄NO₃ (0.1 գ/կգ հող) + EDTA (5 մմոլ/կգ հող): NH₄NO₃ և EDTA բույսերին տրվել են հունիսի առաջին կեսին, որից երկու շաբաթ անց իրականացվել է բույսերի հավաքը: Ամբողջական բույսերը լվացվել են հոսող ջրի տակ, ապա ևս երկու անգամ՝ թորած ջրով: Լվացված բույսերը բաժանվել են վերգետնյա ու ստորգետնյա մասերի, կշռվել են, չորացվել (70°C) մինչև հաստատուն բաշի գալը և կրկին կշռվել: Չորացված բույսերը մանրացվել են և տարրալուծվել HNO₃ + HClO₄ (4:1, v:v) թթվային խառնուրդում (200 ր, 150°C) [24]: Պղնձի ու մոլիբդենի պարունակությունը որոշվել է ԱԱՍ սարքի միջոցով:

Artemisia vulgaris և *Medicago coerulea* բուսատեսակների ֆիտոէքստրակցիայի ներուժը գնահատվել է արմատների կենսակուտակման ցուցանիշի (BCF_{արմատ}) և տրանսլոկացիայի ցուցանիշի (TF) միջոցով [8].

Բույսերի արմատների կողմից պղնձի և մոլիբդենի կուտակման ունակությունը գնահատվել է BCF_{արմատ} միջոցով:

$$BCF_{\text{արմատ}} = Me_{\text{արմատ}}/Me_{\text{հող}} (1),$$

որտեղ Me_{արմատ} պղնձի և մոլիբդենի պարունակությունն է բույսերի արմատներում, իսկ Me_{հող} կենսամատչելի պղնձի և մոլիբդենի պարունակությունն է հողում:

$$TF \text{ որոշվել է հետևյալ բանաձևով.}$$

$$TF = Me_{\text{վերգ}}/Me_{\text{արմատ}} (2),$$

որտեղ Me_{վերգ} բույսերի վերգետնյա մասում պղնձի և մոլիբդենի պարունակությունն է, իսկ Me_{արմատ} պղնձի և մոլիբդենի պարունակությունն է բույսերի արմատներում:

Եթե BCF_{արմատ} արժեքը մեծ է մեկից, ապա կարելի է ասել, որ բույսն օժտված է ծանր մետաղներ կուտակելու ներուժով և կարող է օգտագործվել ֆիտոէքստրակցիայի նպատակով, իսկ եթե BCF_{արմատ} արժեքը հավասար կամ փոքր է մեկից, ապա բույսը պարզապես քստորբում է ծանր մետաղները: TF մեկից մեծ արժեքը խոսում է ֆիտոէքստրակցիայի ներուժի մասին, իսկ մեկին հավասար կամ փոքր արժեքի դեպքում այնքան էլ նպատակահարմար չէ այդ բույսերը ֆիտոէքստրակցիայի նպատակով օգտագործման համար:

Արդյունքներ և քննարկում: Ինչպես նշվեց, ex situ պայմաններում ֆիտոռեմեդիացիայի համար նախատեսված աղտոտված հողերը բերվել էր Չանգեզուրի պղնձ-մոլիբդենային կոմբինատի ֆաբրիկայից մոտ 300 մ հեռավորությունից (N 39° 09,241'; E 46° 08,520'), իսկ ստուգիչ հողանուշը՝ մոտ 4 կմ հեռավորությունից (N 39° 13,018'; E 46° 13,960'): Հողանուշների որոշ ֆիզիկաքիմիական հատկությունների ուսումնասիրությունների արդյունքները ներկայացված են աղ. 1-ում:

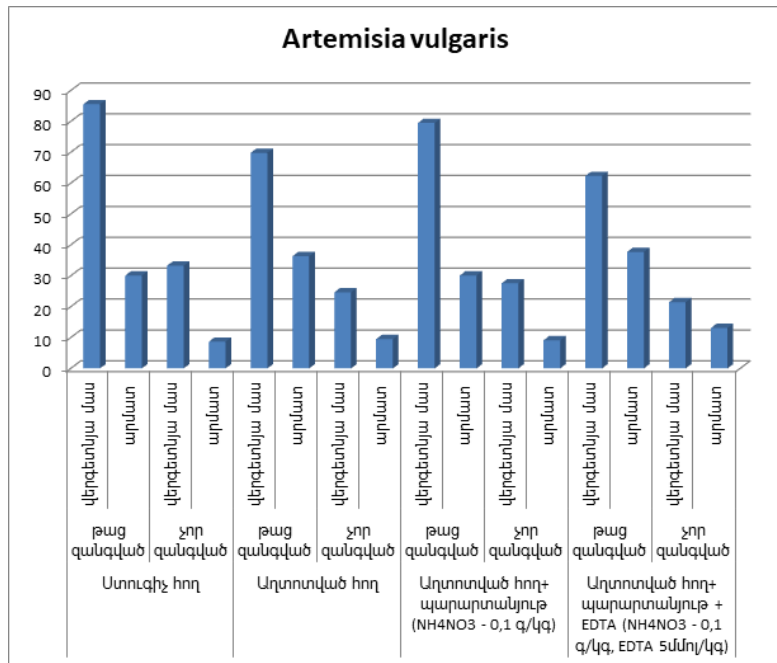
Աղյուսակ 1. Աղտոտված և ստուգիչ հողանուշների ընդհանուր ֆիզիկաքիմիական բնութագիրը (միջին ± SD)

Հողի բնութագիրը	Աղտոտված հող	Ստուգիչ հող
pH	7,9±0,3	7,8±0,1
Հումուս, %	3,61±0,40	6,48±0,38
Ավազ, %	40±4	31±4
Տիղմ, %	39±3	39±4
Կավ, %	21±1	30±3
Cu _{ընդ} , մգ/կգ	3480,3±209,8	71,6±11,0
Cu _{կենսամատչելի} , մգ/կգ	494,4±24,1	3,2±0,5
Mo _{ընդ} , մգ/կգ	1526,5±97,2	9,9±1,2
Mo _{կենսամատչելի} , մգ/կգ	հետքեր	հետքեր

Հետազոտությունների արդյունքում պարզվել է, որ ֆիտոռեմեդիացիայի համար նախատեսված հողերում Cu_{ընդ} պարունակությունը ստուգիչի համեմատ բարձր է 48,6 անգամ, իսկ Mo_{ընդ}՝ 154,2 անգամ: Այս փաստը խոսում է այն մասին, որ ուսումնասիրվող հողերն աղտոտված են պղնձով և մոլիբդենով: Սա ուղղակիորեն պայմանավորված է մարդու տնտեսական գործունեությամբ, մասնավորապես՝ հանքարդյունաբերությամբ: Ուսումնասիրված հողանուշներում բարձր է եղել նաև Cu_{կենսամատչելի} պարունակությունը. այն գերազանցել է ստուգիչին 154,5 անգամ: Իսկ Mo_{կենսամատչելի} երկու հողանուշներում էլ հայտնաբերվել է հետքերի ձևով, որը հավանաբար պայմանավորված է եղել մոլիբդենի քիչ շարժունակությամբ:

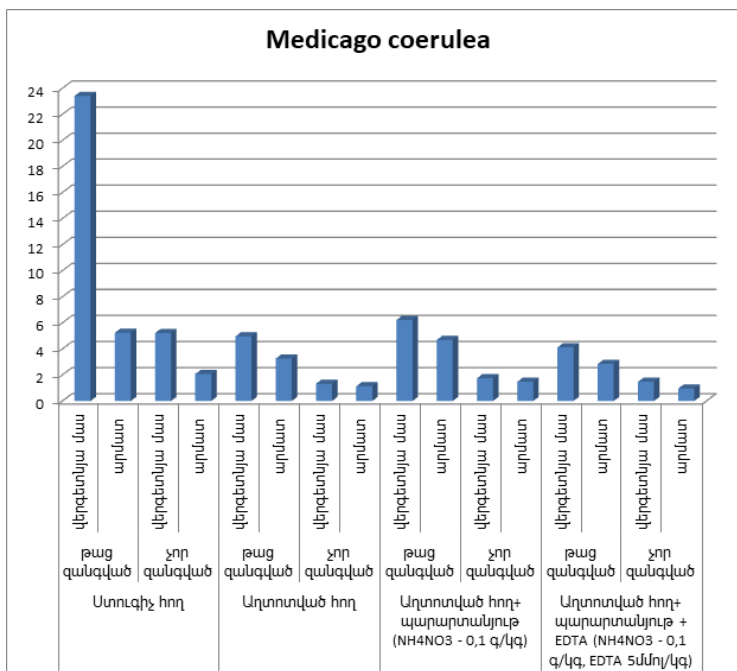
Artemisia vulgaris և *Medicago coerulea* բուսատեսակները չորս սխեմաներով երեք ամիս աճեցնելուց հետո հավաքվել և որոշվել են ինչպես դրանց վերգետնյա մասի ու արմատի թաց և չոր զանգվածները (նկ. 1, 2), այնպես էլ պղնձի, մոլիբդենի պարունակությունները (աղ. 2):

Ինչպես երևում է նկ. 1-ում և 2-ում, չորս սխեմաներով *Artemisia vulgaris* և *Medicago coerulea* բուսատեսակների աճեցման ժամանակ նկատվել է աճի ինտենսիվության փոփոխություններ: Մասնավորապես, ստուգիչ հողանմուշի հետ համեմատած, աղտոտված հողում աճեցված *Artemisia vulgaris*-ի վերգետնյա և *Medicago coerulea*-ի վերգետնյա ու արմատային զանգվածները նվազել են: Փորձի երրորդ սխեմայում (բացառությամբ *Artemisia vulgaris*-ի արմատային համակարգի զանգվածի) աղտոտված հողի ճնշող ազդեցությունը մասնակիորեն փոխհատուցվել է NH_4NO_3 -ի կիրառմամբ, որը թույլ խելատացնող ազդեցությանը զուգահեռ՝ ունի բույսերի աճը խթանող ազդեցություն: Իսկ արդեն փորձի չորրորդ սխեմայում, երբ կիսավել է նաև EDTA, բույսերում պղնձի պարունակության կտրուկ աճը կրկին նվազեցրել է վերջիններիս աճի ինտենսիվությունը: Իսկ *Artemisia vulgaris*-ի մոտ աղտոտված հողերում նկատվում է արմատային համակարգի ավելի ինտեսիվ զարգացում: *Artemisia vulgaris*-ի վերգետնյա մասի թաց զանգվածները ստուգիչի հետ համեմատած փորձի երկրորդ սխեմայում նվազել է 1,23 անգամ, երրորդ սխեմայում՝ 1,08 անգամ, չորրորդ սխեմայում՝ 1,37 անգամ, իսկ չոր զանգվածները՝ համապատասխանաբար 1,35, 1,21 և 1,55 անգամ: *Medicago coerulea*-ի վերգետնյա մասի և արմատների թաց զանգվածները ստուգիչի հետ համեմատած փորձի երկրորդ սխեմայում համապատասխանաբար նվազել է 4,72 և 1,61 անգամ, երրորդ սխեմայում՝ 3,77 և 1,12 անգամ, իսկ չորրորդ սխեմայում՝ 5,7 և 1,84 անգամ, իսկ չոր զանգվածները փորձի երկրորդ սխեմայում՝ 3,93 և 1,83 անգամ, երրորդ սխեմայում՝ 2,99 և 1,41 անգամ, չորրորդ սխեմայում՝ 3,54 և 2,18 անգամ: Հարկ է նշել, որ աճի ինտենսիվության նվազումը իր բացասական ազդեցությունն է թողնում բույսերի ֆիտոէքստրակցիայի ներուժի վրա և ինչքան այդ նվազումը մեծ է, այնքան բույսի համար սթրեսային է համարվում աղտոտված պայմանները: Այսպիսով կարելի է ասել, որ *Medicago coerulea*-ը համեմատած *Artemisia vulgaris*-ի, ավելի վատ է հարմարվում պղնձով և մոլիբդենով աղտոտված հողերում աճելուն:



Նկ. 1. Չորս սխեմաներով աճեցված *Artemisia vulgaris*-ի թաց և չոր զանգվածները (գրամ)

Աճ. 2-ից երևում է, որ ստուգիչ հողի հետ համեմատած աղտոտված հողում աճեցվող երկու բուսատեսակի և՛ վերգետնյա մասում, և՛ արմատներում նկատվել է պղնձի ու մոլիբդենի բարձր պարունակություն:



Նկ. 2. Չորս սխեմաներով աճեցված *Medicago coerulea*-ի թաց և չոր զանգվածները (գրամ)

Աղյուսակ 2. Բույսերի չոր զանգվածում պղնձի և մոլիբդենի պարունակությունը

Բույսի անվանումը	Ստուգիչ հող		Աղտոտված հող		Աղտոտված հող + պարարտանյութ (NH ₄ NO ₃ - 0,1 գ/կգ հող)		Աղտոտված հող + պարարտանյութ + EDTA (NH ₄ NO ₃ - 0,1 գ/կգ հող, EDTA 5մմոլ/կգ հող)	
	Վերգետնյա մաս	արմատ	վերգետնյա մաս	արմատ	վերգետնյա մաս	արմատ	վերգետնյա մաս	արմատ
Cu մգ/կգ								
<i>Artemisia vulgaris</i>	10,1	22,8	30,4	337,5	36,75	108,65	361,9	212,87
<i>Medicago coerulea</i>	13,2	13,2	68,9	168,5	48,6	264,5	1888,33	456,33
Mo մգ/կգ								
<i>Artemisia vulgaris</i>	հետքեր	48	159	308	159	321	207	135
<i>Medicago coerulea</i>	49	հետքեր	234	165	127	245	239	387

Հարկ է նշել, որ ստուգիչում աճեցված *Artemisia vulgaris*-ի միայն արմատներում է հայտնաբերվել մոլիբդեն, իսկ *Medicago coerulea*-ի մոտ՝ միայն վերգետնյա մասում: Բույսերի կողմից մոլիբդենի կուտակման ինտենսիվության վրա կիրառվող NH₄NO₃ և EDTA եական ազդեցություններ չեն թողել: Սա խոսում է այն մասին, որ նշված միացությունները չեն ավելացնում մոլիբդենի մատչելիության աստիճանը: Եական փոփոխություններ չի նկատվել նաև պղնձի կուտակման գործընթացում, երբ կիրառվել է միայն NH₄NO₃: Բույսերի կողմից պղնձի կուտակման և վերգետնյա օրգաններ փոխադրման վրա առավել մեծ ազդեցություն է թողել NH₄NO₃ և EDTA համատեղ օգտագործումը: Մասնավորապես, *Artemisia vulgaris*-ի մոտ արմատներում պղնձի պարունակությունը մի փոքր նվազել է, բայց վերգետնյա մասում այն ավելացել է շուրջ 12 անգամ, իսկ *Medicago coerulea*-ի մոտ արմատներում պղնձի պարունակությունն ավելացել է 2,7 անգամ, վերգետնյա մասում՝ 27,4 անգամ: Սա հիմնականում պայմանա-

վորված է EDTA-ի խելատացնող հատկությամբ, որի միջոցով բույսերի համար բարձրանում է պղնձի մատչելիությունը: Հարկ է նշել, որ փորձի երկրորդ և երրորդ սխեմաներում պղինձը հիմնականում կուտակվել է արմատներում, իսկ EDTA-ի խելատացնող ազդեցության հետևանքով բարձրացել է նաև պղնձի շարժունությունը բույսի մեջ և վերգետնյա մասում ավելի շատ պղինձ է կուտակվել: Այս փաստը խոսում է այն մասին, որ EDTA-ն էականորեն բարձրացնում է բույսերի ֆիտոէստրակցիայի ունակությունը:

Artemisia vulgaris և *Medicago coerulea* բուսատեսակների ֆիտոէստրակցիայի ներուժի բացահայտման համար որոշվել է BCF_{արմատ} և TF (աղ. 3):

Սղյուսակ 3. *Artemisia vulgaris* և *Medicago coerulea* բուսատեսակների BCF_{արմատ} ու TF արժեքները՝ ըստ պղնձի

Բույսի անվանումը	Աղտոտված հող		Աղտոտված հող+ պարարտանյութ(NH ₄ NO ₃ - 0,1գ/կգհող)	Աղտոտված հող+ պարարտանյութ + EDTA (NH ₄ NO ₃ - 0,1գ/կգհող, EDTA 5մմոլ/կգհող)		
	BCF _{արմատ}	TF		BCF _{արմատ}	TF	BCF _{արմատ}
<i>Artemisia vulgaris</i>	0,68	0,09	0,22	0,34	0,43	1,7
<i>Medicago coerulea</i>	0,34	0,41	0,53	0,18	0,92	4,14

Հետազոտությունների արդյունքում պարզվել է, որ աղտոտված հողում (սխեմա 2) *Artemisiavulgaris*-ի մոտ նկատվել է արմատներում ծանր մետաղներ կուտակվելու ավելի մեծ ունակություն, սակայն *Medicagocoerulea*-ի մոտ ավելի լավ է արտահայտված դեպի վերգետնյա օրգաններ պղնձի փոխադրման ունակությունը: NH₄NO₃ կիրառման ժամանակ (սխեմա 3) *Artemisiavulgaris*-ի մոտ նկատվել է BCF_{արմատ} արժեքը, որը բերել է TF արժեքի մեծացմանը, բայց իրականում բույսի վերգետնյա մասում պղնձի պարունակությունը էական փոփոխության չի ենթարկվել: Իսկ *Medicago coerulea*-ի դեպքում նկատվել է BCF_{արմատ} արժեքի ավելացում և TF արժեքի նվազում: Իսկ արդեն NH₄NO₃ և EDTA համատեղ օգտագործման ժամանակ (սխեմա 4) *Artemisia vulgaris*-ի մոտ կտրուկ մեծացել է պղինձը վերգետնյա օրգաններ փոխադրելու ունակությունը, իսկ *Medicago coerulea*-ի մոտ նկատվել է պղինձի ինչպես արմատներում կուտակելու ունակության, այնպես էլ այն վերգետնյա օրգաններ փոխադրելու ունակության կտրուկ բարձրացում:

Ընդհանրացնելով ուսումնասիրության արդյունքները՝ կարելի է ասել, որ *Artemisia vulgaris*-ը համեմատաբար ավելի լավ է հարմարվել պղնձով ու մոլիբդենով աղտոտված հողերում աճելուն և ավելի քիչ է նկատվել աճի ինտենսիվության նվազում: Աճի ինտենսիվությունը մասնակիորեն կարելի է վերականգնել NH₄NO₃-ի կիրառման միջոցով: Սակայն այս երկու դեպքերում էլ պղինձն ինտենսիվ կուտակվել է արմատներում և շատ քիչ քանակությամբ է տեղափոխվել վերգետնյա օրգաններ, որով և նվազել է այդ բույսերի ֆիտոէստրակցիայի նպատակով կիրառման արդյունավետությունը: Այս խնդրի լուծման համար անհրաժեշտ է NH₄NO₃-ի հետ միաժամանակ կիրառել նաև EDTA, որը կտրուկ բարձրացնում է բույսերի ֆիտոէստրակցիայի նպատակով կիրառման արդյունավետությունը:

Այսպիսով, մոլիբդենով աղտոտված հողերի ֆիտոէստրակցիայի նպատակով *Artemisia vulgaris* և *Medicago coerulea* բուսատեսակների աճեցման ժամանակ նպատակահարմար չէ լրացուցիչ խելատացնող նյութերի (NH₄NO₃, EDTA) օգտագործումը, իսկ պղնձի դեպքում՝ ֆիտոէստրակցիայի գործընթացի արդյունավետության բարձրացման համար անհրաժեշտ է օգտագործել խելատացնող նյութեր:

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1. Alexander A.K., Daniel V.D.L. Chemical and biological parameters as tools to evaluate and improve heavy metal phytoremediation. Biosci. Rep., 20, 4, pp. 239-258, 2000.
2. Armienta M.A., Talavera O., Morton O., Barrera M. Geochemistry of metals from mine tailings in Taxco, Mexico. Bull Environ Contam Toxicol, 71, 2, pp. 387-393, 2003.
3. Baker D. E., Amacher M. C. Nickel, Copper, Zinc, and Cadmium. In: A. L. Page, R. H. Miller, D. R. Keeney (Eds.), Methods of Soil Analysis. Part 2: Chemical and Microbiological Properties, Agronomy Monograph. Wisconsin, Madison: Agronomy Society of America and Soil Science Society of America, pp. 323-336, 1982.

4. Bolan N.S., Park J.H., Robinson B., Naidu R., Huh K.Y. Phytostabilization: a green approach to contaminant containment. *Adv Agron*, 112, pp. 145-204, 2011.
5. Clemente R., Walker D.J., Pardo T., Martínez-Fernández D., Bernal M.P. The use of halophytic plant species and organic amendments for the remediation of a trace elements contaminated soil under semi-arid conditions. *J Hazard Mater*, 223-224, pp. 63-71, 2012.
6. Dickinson N.M., Baker A.J.M., Doronila A., Laidlaw S., Reeves R.D. Phytoremediation of inorganics: realism and synergies. *Int J Phytorem*, 11, pp. 97-114, 2009.
7. Garbisu C., Alkorta I. Phytoextraction: a cost-effective plant-based technology for the removal of metals from the environment. *Biores Technol*, 77, pp. 229-236, 2001.
8. Ghazaryan K., Movsesyan H., Khachatryan H., Ghazaryan N., Minkina T., Sushkova S., Mandzhieva S., Rajput V. Copper phytoextraction and phytostabilization potential of wild plant species growing in the mine polluted areas of Armenia. *Geochem: Explor Env Anal*, 2018, <https://doi.org/10.1144/geochem2018-035>
9. Ghazaryan, K., Movsesyan, H., Khachatryan, H., & Ghazaryan, N. Geochemistry of potentially toxic trace elements in soils of mining area: a case study from Zangezur Copper and Molybdenum Combine, Armenia. *Bull Environ. Contam Toxicol*, 101, 6, pp. 732–737, 2018, <https://doi.org/10.1007/s00128-018-2443-0>
10. He Q., Ren Y., Mohamed I., Ali M., Hassan W., Zeng F. Assessment of trace and heavy metal distribution by four sequential extraction procedures in a contaminated soil. *Soil Water Res*, 8, 2, pp. 71-76, 2013.
11. Lasat M. M. Phytoextraction of toxic metals: a review of biological mechanisms. *J. Environ Qual.*, 31, pp. 109-120, 2002.
12. Lombi E., Zhao F.J., Dunham S.J., McGrath S.P. Phytoremediation of heavy metal-contaminated soils: natural hyperaccumulation versus chemically enhanced phytoextraction. *J. Environ. Qual.*, 30, pp. 1919-1926, 2001.
13. Mendez M.O., Maier R.M. Phytoremediation of mine tailings in temperate and arid environments. *Rev Environ Sci Biotechnol*, 7, pp. 47-59, 2008.
14. Meuser H. Soil remediation and rehabilitation, Springer, 2013. DOI 10.1007/978-94-007-5751-6
15. Niu Z.X., Sun L.N., Sun T.H., Wang H. Evaluation of phytoextracting cadmium and lead by sunflower, ricinus, alfalfa and mustard in hydroponic culture. *J Environ Sci*, 19, pp. 961-967, 2007.
16. Peng J.F., Song Y.H., Yuan P., Cui X.Y., Qiu G.L. The remediation of heavy metals contaminated sediment. *J Hazard Mater*, 161, 2-3, pp. 633-640, 2009.
17. Quartacci M.F., Argilla A., Baker A.J.M., Navari-Izzo F. Phytoextraction of metals from a multiply contaminated soil by Indian mustard. *Chemosphere*, 63, pp. 918-925, 2006.
18. Quartacci M.F., Irtelli B., Baker A.J.M., Navari-Izzo F. The use of NTA and EDDS for enhanced phytoextraction of metals from a multiply contaminated soil by Brassica carinata. *Chemosphere*, 68, pp. 1920-1928, 2007.
19. Rajput V.D., Minkina T.M., Behal A., Sushkova S.N., Mandzhieva S., Singh R., Gorovtsov A., Tsitsuashvili V.S., Purvis W.O., Ghazaryan K.A., Movsesyan H.S. Effects of zinc-oxide nanoparticles on soil, plants, animals and soil organisms: a review. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 9, pp. 76-84, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2017.12.006>
20. Romero F.M., Armienta M.A., González-Hernández G. Solid-phase control on the mobility of potentially toxic elements in an abandoned lead/zinc mine tailings impoundment, Taxco, Mexico *Appl Geochem*, 22, 1, pp. 109-127, 2007.
21. Schmidt U. Enhancing phytoextraction: the effect of chemical soil manipulation on mobility, plant accumulation, and leaching of heavy metals. *J Environ Qual*, 32, pp. 1939-1954, 2003.
22. Vaxevanidou K., Papassiopi N., Paspaliaris I. Removal of heavy metals and arsenic from contaminated soils using bioremediation and chelant extraction techniques. *Chemosphere*, 70, pp. 1329-1337, 2008.
23. Yao Z.T., Li J.H., Xie H.H., Yu C.H. Review on remediation technologies of soil contaminated by heavy metals. *Proc Environ Sci*, 16, pp. 722-729, 2012.
24. Zemberyová M., Barteková J., Hagarová I. The utilization of modified BCR three-step sequential extraction procedure for the fractionation of Cd, Cr, Cu, Ni, Pb and Zn in soil reference materials of different origins. *Talanta*, 70, pp. 973-978, 2006.