



ბოლნისის რაიონის დაბინძურებული ნიადაგების ფიტორემედიაცია მცენარე ამარანდას (*Amaranthus Viridis*) გამოყენებით

ბ. ავთოფაშვილი¹, ა. ლონდაძე¹, რ. ბახოკიძე²

¹ ე. ანდრონიკაშვილის ფიზიკის ინსტიტუტი, ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

² ივანე ჯავახიშვილის სახელობის თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტი

*guranda.avkopashvili@tsu.ge

რეზიუმე:

თანამედროვე მსოფლიოს მოდერნიზაციამ, გლობალურმა განვითარებამ, სასარგებლო წიაღისეულის მაქსიმალურმა ათვისებამ და ადამიანის მხრიდან გარემოზე დაუნდობელმა მოპყრობამ წარმოშვა უამრავი ეკოლოგიური პრობლემა მრავალ ქვეყანაში და არც საქართველო წარმოადგენს ამ მხრივ გამონაკლისს.

საქართველოში არსებული საბადოებიდან, ამ თვალსაზრისით, ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესია კაზრეთის RMG-ის (ყოფილი "მადნეულის") საბადო, რომელიც მდებარეობს ბოლნისის რაიონში, მდინარე მამაკერას მარჯვენა ნაპირზე. აღნიშნული საწარმო იწვევს ნიადაგების დაბინძურებას. დაბინძურებული ნიადაგები კი ხშირად საშიშროებას უქმნის ადამიანების ჯანმრთელობას და ეკოსისტემებს, რომელსაც ჭირდება გაწმენდითი სახის ღონისძიებები. ფიტორემედიაცია კი ერთ-ერთი საუკეთესო გაწმენდითი მეთოდია, როდესაც მცენარეს შესწევს მძიმე მეტალების მაღალი აკუმულაციის უნარი.

კვლევის ფარგლებში განხორციელდა ბოლნისის რაიონის ნიადაგებში მცენარე ამარანდას გამოკვლევა და აკუმულაციის უნარის შესწავლა. კვლევის ფარგლებში შესწავლილ იქნა მძიმე მეტალების კადმიუმის (Cd), სპილენძის (Cu) და თუთიის (Zn) შეთვისების უნარი. კვლევის შედეგად დადგინდა მცენარე ამარანდას ფიტორემედიაციის შესაძლებლობები.

საკვანძო სიტყვები: კადმიუმი, სპილენძი, თუთია, მწვანე ამარანდა, დაბინძურებული ნიადაგი.

შესავალი

გარემოს დამაბინძურებლები ბოლო ერთი საუკუნეა ინტენსიურად განიცდის დაგროვებას გარემოში [1]. დამაბინძურებელი ნივთიერებების ხშირ შემთხვევაში საკმაოდ მაღალი რაოდენობა ხვდება ატმოსფეროში, ნიადაგში და წყალში, რაც საბოლოო ჯამში საკვების საშუალებით ადამიანსა და სხვა ცოცხალ არსებებში განიცდის დაგროვებას [2]. დამაბინძურებელ ნივთიერებებიდან გამოყოფენ ორგანულ და არაორგანულ დამაბინძურებლებს [3]. არაორგანული ნივთიერებებიდან აღსანიშნავია მძიმე ლითონები, რომელთაგან აღსანიშნავია კანცეროგენული თვისებების მქონე ლითონები [4]. მძიმე ლითონების გარემოში მოხვედრის ერთ-ერთ წყაროს ინდუსტრიული ქარხნები წარმოადგენს [5]. სასარგებლო წიაღისეულის ინტენსიური ამოღება იმდენად აბინძურებს გარემოს, რომ მის გარშემო არსებულ ნიადაგებზე მოყვანილი კვების პროდუქტები ხშირ შემთხვევაში ძალზე მავნებელია ადამიანის ორგანიზმისათვის [6, 7]. გარემოს ქიმიური დამაბინძურებლებიდან ყველაზე საშიშია მძიმე ლითონები და რადიონუკლიდები, მათი მაღალი კონცენტრაციები საფრთხეს წარმოადგენს იმ თვალსაზრისით, რომ ცოცხალი ორგანიზმის ბიოქიმიურ ციკლში ჩართვისას ძნელად გამოიღვენიან ორგანიზმიდან და იწვევენ

პათოლოგიურ ცვლილებებს [8].

საქართველოში არსებული საბადოებიდან, ამ თვალსაზრისით ერთ-ერთი უმნიშვნელოვანესია კაზრეთის RMG-ის (ყოფილი "მადნეულის") საბადო, რომელიც მდებარეობს ბოლნისის რაიონში, მდინარე მამაკერას მარჯვენა ნაპირზე. მადნეულის სპილენძ შემცველი სულფიდური საბადოს გადამუშავება ღია კარიერული წესით ხდება [9-10].

ფიტოქსტრაციის ტესტირების დროს აღმოჩნდა, რომ ამარანდა (*Amaranthus hypochondriacus*) არა მხოლოდ იზრდება სწრაფად არამედ იგროვებს Cd-ის მაღალ შემცველობას [11-13]. ამარანდას სხვადასხვა კულტურულ ჯიშებს ფართოდ გამოიყენებენ პირუტყვის საკვებად [14], ხოლო ბოლნისის რაიონში მწვანე ამარანდას (*Amaranthus viridis*) ადამიანები იყენებენ საკვებად და მისგან ამზადებენ სხვადასხვა სახეობის საჭმელებს [15,16]. მწვანე ამარანდა ამ რაიონში იზრდება ძალიან სწრაფად და წელიწადში რამდენჯერმე აღმოცენდება ნიადაგიდან [17] [18]. ჩვენ გამოვიკვლიეთ მწვანე ამარანდა, რომელსაც გააჩნია კადმიუმის ათვისების მაღალი პოტენციალი, დაბინძურებული ნიადაგებიდან [19].

მასალები და მეთოდები

თავდაპირველად ხდებოდა ნიადაგის ნიმუშების აღება ნიადაგის ზედაპირიდან 0-5 სმ-დან და 30-35 სმ-ის სიღრმეიდან. შემდეგ მიმდინარეობდა მათი გამრობა გასუფთავება და მასში მძიმე ლითონების განსაზღვრა. ნიადაგში არსებული მძიმე ლითონების განსაზღვრა ხდებოდა შემდეგი სახით: გამომშრალი ნიადაგის ნიმუშს ცილებოდა ფესვები, ქვები და ხორციელდებოდა 2 გ წონის ნიადაგის ნიმუშის აღება ოთხ ნაწილად დაყოფის მეთოდით.

სინჯის ფაიფურის ჯამში კარგად გასრესვის შემდეგ ხდებოდა მისი გაცრა 1 მმ ზომის ხვრელის მქონე კაპრონის საცერში.

ნიადაგის ნიმუშიდან ლითონების მკავური ექსტრაქციის მიზნით 50 მლ მოცულობის კოლბაში იწონებოდა წინასწარ გამომშრალი ნიადაგი 2,00 გრ-ის ოდენობით და ემატებოდა 10 მლ ხუთმოლური აზოტმჟავას ხსნარი (თანაფარდობა ნიადაგი:მჟავა=1:5). კოლბა შიგთავსით უკუმაცივრის თანაობისას ცხელდებოდა წყლის აბაზანაზე 3 სთ-ის განმავლობაში. ამ პროცედურის შემდეგ ხდებოდა ხსნარის გაცივება ოთახის ტემპერატურამდე და გაფილტვრა წითელ ან თეთრზოლიან ფილტრის ქაღალდზე. ფილტრზე დარჩენილი ნიადაგი ირეცხებოდა გამობდილი წყლით, ფილტრატის მოცულობის შევსება ხდებოდა 50 მლ-მდე გამობდილი წყლით. მიღებულ მჟავა ექსტრაქტში მძიმე ლითონები ისაზღვრებოდა ატომურ-აბსორბციულ სპექტრომეტრზე.

რაც შეეხება მცენარე ამარანდას, მისი დათესვა ხდებოდა ადრე გაზაფხულზე თებერვლის ბოლოს მარტის დასაწყისში. მისი აღმოცენებისა და გაზრდის შემდეგ აგვისტოსა და ოქტომბერში ხორციელდებოდა მწვანე ამარანდას ნიმუშების აღება და მათში მძიმე ლითონების განსაზღვრა.

მცენარეებში მძიმე ლითონთა განსაზღვრისათვის თავდაპირველად ხდებოდა მათი მშრალი მინერალიზაცია. მინერალიზაციის ჩასატარებლად ხდებოდა 20%-ზე ნაკლები ტენიანობის მქონე პროდუქტის ფაიფურის ჯამში აწონვა, ელექტროქურაზე მოთავსება, პროდუქტის დანახშირება ბოლის გამოყოფის შეწყვეტამდე. შემდეგ

დანახშირებული ნიმუშის დანაცრება ხორციელდებოდა ელექტროდუმელში 450 °C-მდე მიყვანით. მინერალიზაციის დასრულების შემდეგ (როცა ნაცარი ღებულობდა თეთრ ან ღია ნაცრისფერ შეფერილობას), ნაცარი იხსნებოდა შემკვავებულ წყალში (3 სმ³ აზოტმჟავა გახსნილი 1 ღმ³ დისტილირებულ წყალში) და მიღებული ხსნარის სასურველ მოცულობამდე მიყვანის შემდეგ მიმდინარეობდა მძიმე ლითონების განსაზღვრა ატომურ აბსორბციულ სპექტრომეტრზე.

შედეგები და განსჯა

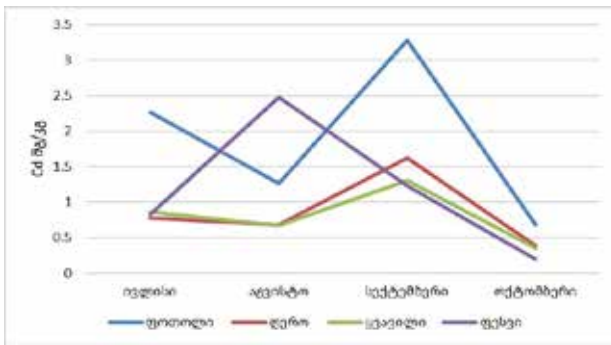
კვლევებმა გვიჩვენეს, რომ ბოლნისის რაიონის სოფელ ბალიჭში გვხვდება ატმოსფერული ჰაერით დაბინძურებული ნიადაგები, რომლებიც ვრცელდება ფართო მასშტაბებზე. ნიადაგებზე მონიტორინგი ტარდებოდა აგვისტოში, სექტემბერში და ოქტომბერში. მონაცემებმა აჩვენეს, რომ აღინიშნება Cd-ის და Cu-ის ზღვრულად დასაშვებ კონცენტრაციაზე მეტი რაოდენობის შემცველობა. იხ. ცხრილი 1.

ჩვენს მიერ სოფელ ბალიჭში საპილოტური ტორიაზე გაზრდილი ამარანდას კვლევისას აღმოჩნდა, რომ იგი ავლენს მაღალ ფიტორემედიაციულ თვისებებს, რისი თქმის საშუალებასაც გვაძლევს მიღებული შედეგები. როდესაც აგვისტოში ნიადაგში კადმიუმის შემცველობა სიღრმეში 2.8 მგ/კგ და ზედაპირზე 2.65 მგ/კგ შეადგენდა მცენარე ამარანდამ აითვისა 5.085 მგ/კგ. იხ. სურ 1. მწვანე ამარანდას შესწავლა მოხდა მორფოლოგიურად, განისაზღვრა მძიმე ლითონების (Cd, Cu, Zn) შემცველობა ფოთოლში, ღეროში, ყვავილსა და ფესვში. აგვისტოს მონაცემების მიხედვით მცენარეში მძიმე ლითონების დაგროვების დინამიკა შემდეგნაირადაა წარმოდგენილი: ფესვი ითვისებს ყველაზე მეტი რაოდენობით Cd 2.47 მგ/კგ, Cu 11 მგ/კგ, Zn 18.7 მგ/კგ. შემდეგ ფოთოლი, ყვავილი და ღერო.

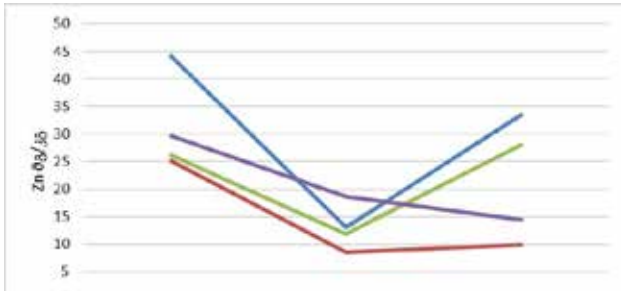
ოქტომბრის მონაცემების მიხედვით იხ. სურ 1. მცენარეში კადმიუმის შემცველობამ საგრძნობლად იკლო. აგვისტოში, თუ აითვისა 5 მგ/კგ, ოქტომბერში 1.2 მგ/კგ-ს აითვისა. რაც იმით არის განპირობებული, რომ ოქტომბერში მცენარე უკვე კვდება და მასში არსებული მინერალური ნივთიერებები და მათ შორის მძიმე ლითონებიც არის ნიადაგში გადამოდრავებული

ცხრილი 1. სოფელ ბალიჭის ნიადაგებში Cd, Cu, Zn-ის შემცველობა 2012-2013 წწ.

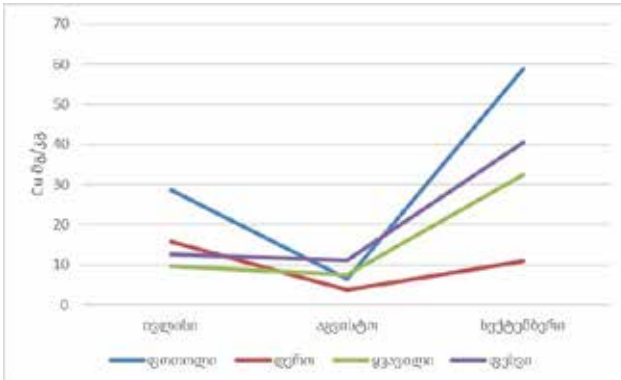
ნიმუში	B ჰორი- ზონტი აგვისტო	A ჰორი- ზონტი აგვისტო	B ჰორი- ზონტი სექტემბერი	A ჰორი- ზონტი სექტემბერი	B ჰორი- ზონტი ოქტომბერი	A ჰორი- ზონტი ოქტომბერი
pH	7.52	6.90	7.6	7.3	7.1	6.9
Cd მგ/კგ ზ.დ.კ. 2.0	2.85	2.65	2.7	2.82	0.99	1.05
Cu მგ/კგ ზ.დ.კ. 132	135.45	111.77	130,3	138,6	122.8	147.17
Zn მგ/კგ ზ.დ.კ. 220	121.07	106.6	115.04	109.36	94.96	108.8



ნახაზი 1. მწვანე ამარანდაში კადმიუმის შემცველობა, სოფელი ბალიჭი.



ნახაზი 2. მწვანე ამარანდაში თუთიის შემცველობა, სოფელი ბალიჭი.



ნახაზი 3. მწვანე ამარანდაში სპილენძის შემცველობა, სოფელი ბალიჭი.

მცენარეში არსებული ფლოემას უჯრედების საშუალებით. ოქტომბრის თვეში მცენარეში კადმიუმის ზრდის დინამიკა შემდეგნაირია: ფოთოლი, ღერო და ფესვი. რაც კიდევ ერთხელ მიუთითებს იმაზე, რომ მცენარე თითქმის დაცლილია ორგანული და მინერალური ნივთიერებებისგან და შესაბამისად მასში აღარაა მაღალი მძიმე ლითონთა შემცველობა.

კვლევების მიხედვით ივლისსა და სექტემბერში მაღალია სპილენძის და თუთიის ათვისება. თუ შევადარებთ აგვისტოს მონაცემებს აქ სპილენძი და თუთია 28.68 მგ/კგ-ს და 52.11 მგ/კგ-ს შეადგენდა, ხოლო სექტემბერში 56.94 და 99.1 მგ/კგ-ს, რაც თითქმის 50 %-იან ზრდას წარმოადგენს. რაც შეეხება კადმიუმს მისი შემცველობა გაიზარდა ფოთლებში ხოლო ფესვში იკლო. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ივლისსა და სექტემბერში ნიადაგებში Cd, Cu, Zn- ის

შემცველობა საგრძნობლადაა დაწეული იგი ზღვრულ დასაშვებ კონცენტრაციასაც არ აღემატებოდა, მაგრამ მცენარე მინც დაიგროვა ამ ელემენტების ჭარბი რაოდენობა. რაც ცხადყოფს, რომ მცენარე ამარანდას შესწევს მძიმე ლითონების აკუმულაციის უნარი, როგორც ძლიერი დაბინძურების დროს ასევე შედარებით სუსტი დაბინძურებისას. ხოლო რაც შეეხება მის მორფოლოგიურ ელემენტებში მძიმე ლითონების განაწილებას შემდეგნაირია: ფოთოლი, ფესვი, ღერო.

სოფელ ბალიჭში გამოკვლეულ მწვანე ამარანდაში მძიმე ლითონების განაწილება ხდება ფოთოლში, ყვავილში, ფესვსა და ღეროში. (იხ. სურ 1, 2, 3.) ამ ნიადაგებშიც შედარებით დაბალი ნიადაგების დაბინძურებაა, მაგრამ მცენარეს შესწევს უნარი მისი ფესვთა სისტემით აითვისოს ნიადაგის უფრო ღრმა ფენებიდან მძიმე ლითონები და დაიგროვოს სხვადასხვა ორგანოში.

დასკვნა

კვლევებმა გვიჩვენეს რომ მწვანე ამარანდას გააჩნია ნიადაგიდან მძიმე ლითონების შთანთქმის უნარი. ეს თვისება შესაძლოა გამოყენებულ იქნას მცენარეების მიერ ნიადაგების გაწმენდის თვალსაზრისით. მისი გამოყენება შესაძლებელია, როგორც ნიადაგის ძლიერი დაბინძურებისას ასევე შედარებით მცირე დაბინძურებისას. ამ მცენარეს ძლიერი ფესვთა სისტემის წყალობით შესწევს უნარი ნიადაგის ღრმა ფენებიდან შთანთქმას ესა თუ ის დამაბინძურებლები და დაიგროვოს სხვადასხვა ორგანოში. დინამიკაში კვლევამ აჩვენა, რომ მძიმე ლითონთა დაგროვება ხდება შემდეგი თანმიმდევრობით: ფოთოლი, ფესვი, ყვავილი და ღერო. პირველადი კვლევების შედეგად შეიძლება ამ ფიტოტექნოლოგიის გამოყენება რეგიონში დაბინძურებული ნიადაგების აღსადგენად და გასაწმენდად.

მადლიერება

კვლევა შესრულებულია შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის ფინანსური მხარდაჭერით, გრანტის ნომერი: YS-19-105.

ლიტერატურა

- Stephan R. Rieder, Ivano Brunner, Milena Horvatc, Anna Jacobs, Beat Frey, (2011) Accumulation of mercury and methylmercury by mushrooms and earthworms from forest soils. Environmental Pollution 159 (2011) 2861-2869.
- Stephan Raphael Rieder, Ivano Brunner, Otto Daniel, Bian Liu, Beat Frey. (2013) Methylation of Mercury in Earthworms and the Effect of Mercury on the Associated Bacterial Communities, PLOS ONE e61215.
- Brunner, I.; Luster, J.; Günthardt-Goerg, M.S.; Frey, B., 2008: Heavy metal accumulation and phytostabilisation potential

- of tree fine roots in a contaminated soil. *Environ. Pollut.* 152: 559-568.
4. Chinmayee M.D., Mahesh B, Pradesh S, Mini I, Swapna T.S. (2012) The assessment of phyto-remediation potential of invasive weed *Amaranthus spinosus*, *Appl. Biochem. Biotechnol.* 2012 Jul;167(6):1550-9. doi: 10.1007/s12010-012-9657-0.
 5. Roxana Moogouei, Mehdi Borghei, Reza Arjmandi, (2011) Phytoremediation of stable Cs from solutions by *Calendula alata*, *Amaranthus chlorostachys* and *Chenopodium album*, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, Volume 74, Issue 7, October 2011, Pages 2036–2039.
 6. Majeti Narasimha Vara Prasad, (2003) Metal hyperaccumulation in plants - Biodiversity prospecting for phytoremediation technology, *Electronic Journal of Biotechnology* ISSN: 0717-3458.
 7. Gzyl J., (1995), Ecological impact and remediation of contaminated sites around lead smelters in Poland. *Journal of Geochemical Exploration*, vol. 52, p. 251-258.
 8. Brunner I., Luster J., Günthardt-Goerg M. S., Frey B., (2008), Heavy metal accumulation and phytostabilisation potential of tree fine roots in a contaminated soil. *Environmental Pollution*, vol. 152, p. 559-568.
 9. Avkopashvili M., Gongadze A., Matchavariani L., Avkopashvili G., Avkopashvili I., (2019) Soil, Water and Air Pollution by Amnganese Industry in the Imereti Region, Georgia. 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2019, p. 417-424.
 10. Avkopashvili G., Avkopashvili M., Gongadze A. & Gakhokidze R., (2017), Eco-monitoring of Georgia's contaminated soil and water with heavy metals, *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, vol. 12 (2), p. 595-604.
 11. Avkopashvili G., Avkopashvili M., Gongadze A., Tsulukidze M., Shengelia E., (2017), Determination of Cu, Zn and Cd in Soil, Water and Food Products in the Vicinity of RMG Gold and Copper Mine, Kazreti, Georgia. *Annals of Agrarian Science*. p. 1-4.
 12. Li N., Li Z., Fu Q., (2013) Agricultural Technologies for Enhancing the Phytoremediation of Cadmium-Contaminated Soil by *Amaranthus hypochondriacus* L, *Water, Air, & Soil Pollution*, p. 2-8.
 13. Moogouei R., Borghei M., Arjmandi R., (2011) Phytoremediation of stable Cs from solutions by *Calendula alata*, *Amaranthus chlorostachys* and *Chenopodium album*, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, vol. 74, Issue 7, October 2011, p 2036–2039.
 14. Duarte P.A., Melo F.V., Brown G.G., Pauletti V., (2014) Earthworm (*Pontoscolex corethrurus*) survival and impacts on properties of soils from a lead mining site in Southern Brazil, *Biol Fertil Soils* vol. 50, p. 851–860.
 15. Narasimha M., Prasad V., (2003) Metal hyperaccumulation in plants - Biodiversity prospecting for phytoremediation technology, *Electronic Journal of Biotechnology* ISSN: 0717-3458.
 16. Rahman M. A., Hasegawa H., (2011) Aquatic arsenic: Phytoremediation using floating macrophytes, *Chemosphere* vol. 83, p. 633–646.
 17. Marques A., Rangel A., Castro P., (2009) Remediation of Heavy Metal Contaminated Soils: Phytoremediation as a Potentially Promising Clean-Up Technology, *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, vol. 39, p. 622–654.
 18. Avkopashvili G., Gongadze A., Gaxokidze R., Avkopashvili M., (2015), Phytoremediation of contaminated soils, contaminates with heavy metals from gold mine in Georgia. International conference "Applied ecology: Problems. Innovations" Proceedings ICAE- 2015. p. 154-157.
 19. Gongadze A., Matchavariani L., Avkopashvili M., Avkopashvili G., (2018), Accumulation and distribution of heavy metals in Soils from the explosions by mining-processing poly-metallic plant. 18th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM, vol. 18, p. 11-17.

PHITOREMEDITATION OF BOLNISI REGION FOLLUTED GRAUNDS BY USING OF PLANT ARAMANDA (AMARANTHUS VIRIDIS)

G. Avkofashvili^{1*}, A. Gongadze¹, R. Gakhokidze²

¹ Ivane Javakhishvili Tbilisi State University, E. Andronikashvili Institute of Physics

² Ivane Javakhishvili Tbilisi State University
guranda.avkopshvili@tsu.ge

Abstract: The world modernization, global development, maximum utilization of minerals and ruthless treatment of the environment by humans have created many environmental problems around the world, and Georgia is no exception.

One of the richest deposits in Georgia are in Bolnisi, where the RMG (formerly Madneuli) mine is functioning, located in Kazreti, on the right bank of the Mashavera River. An open-pit mining process causes soil and water contamination, which do harms to human health and ecosystem. Remediation projects are necessary to be implemented. One of the effective remediation techniques is Phytoremediation, this method, where hyperaccumulator plants are used for cleaning up contaminated soil or water, is safe and efficient. During the research greenhouse experiments were carried out in Bolnisi to study *Amaranthus Viridis* phytoremediation potential. Cd, Cu and Zn were analyzed in the plant. According to the results *Amaranthus Viridis* phytoremediation ability was determined.

Keywords: cadmium, copper, zinc, *Amaranthus Viridis*