



KADMIO IR VARIO POVEIKIS VAISTINIŲ RAMUNIŲ (*MATRICARIA RECUTITA*) MORFOLOGINIAMS, FIZIOLOGINIAMS IR BIOCHEMINIAMS PARAMETRAMS

Vilgailė NARKEVIČIŪTĖ¹, Jūratė ŽALTAUSKAITĖ²

VDU aplinkotyros katedra

El. paštas: ¹vil.narkeviciute@gmail.com; ²jurate.zaltauskaite@vdu.lt

Anotacija. Daug vaistinių augalų naudojami farmacijoje, taip pat kaip prieskoniai ir arbatos. Didėjanti aplinkos tarša, gali turėti įtakos vaistinių augalų kokybei, tuo pačiu ir žmonių, kurie vartoja vaistinius augalus sveikatai. Dažnas užterštų sunkiaisiais metalais vaistinių augalų naudojimas gali sukelti neigiamą toksinį poveikį žmogaus organizmui.

Šio darbo tikslas buvo nustatyti chronišką dirvožemio užterštumo kadmiu (Cd) (3, 6, 12 mg/kg) ir variu (Cu) (100, 200, 400 mg/kg) poveikį vaistinės ramunės (*lot. Matricaria recutita*) augimui. Buvo tirtas Cd ir Cu poveikis vaistinės ramunės (*lot. Matricaria recutita*) morfologiniams (šaknų šviežios ir sausos masės, žiedų kiekis), fiziologiniams (fotosintezės pigmentų kiekiai) ir biocheminiams (malondialdehido kiekis) parametrams.

Reikšminiai žodžiai: kadmio (Cd), varis (Cu), vaistinė ramunė, malondialdehidas, fotosintezės pigmentai.

Įvadas

Vaistinės ramunės (*Matricaria recutita*) kilmė yra Pietryčių Europa ir Pietvakarių Azija, tačiau natūraliose augavietėse aptinkama ir Europoje (Rausch, Lotz 2005). Lietuvoje, kaip ir daugelyje Europos šalių, jos priskiriamos prie archeofitų. Tai tokie augalai, kurie į tam tikrą teritoriją pakliūdavo dėl žmonių veiklos. Gali būti, kad vaistinės ramunės (*Matricaria recutita*) patekdavo su javų grūdais arba nuo labai seniai buvo auginamos kaip vaistiniai augalai (Gudžinskas, Balvočiūtė 2007). Ramunėmis ar ramunėlėmis vadinama keletas panašių augalų, tačiau vaistinėms savybėmis išsiskiria tik dvi rūšys: kilnioji blezdingūnė, taurusis didramunis arba romaniškoji ramunėlė (*Chamaemelum nobile*) ir vaistinė ramunė, ramunėlė arba vokiškoji ramunėlė (*Matricaria recutita*) (Hawkins 2012).

Remiantis pasaulio sveikatos organizacijos (PSO) ataskaitos duomenimis, net 70 % pasaulio gyventojų pirminei sveikatos priežiūrai naudoja vaistinius augalus. Vaistinės ramunės (*Matricaria recutita*) yra vienas iš svarbiausių vaistinių augalų visame pasaulyje. Jų graižai labai populiarūs liaudies medicinoje, taip pat plačiai vartojami ir parfumerijoje.

Vaistiniai preparatai iš laukinių augalų dažniausiai laikomi nekenksmingais, kadangi yra natūralūs, tačiau didėjant aplinkos taršai, tai gali turėti įtakos vaistinių augalų

kokybei, tuo pačiu ir žmonių, kurie vartoja vaistinius augalus sveikatai. Pagal daugumą atliktų tyrimų, galima tvirtinti, kad vaistiniai augalai gali kaupti sunkiuosius metalus (Pavlovič *et al.* 2006). Vaistažolėse randami metalų kiekiai yra artimi didžiausiems jų leidžiamiesiems kiekiams, tačiau kartais juos ir viršija (Rai *et al.* 2007).

Pagrindiniai sunkiųjų metalų šaltiniai yra pramonės ir energetikos įmonės, transportas, nuotekos ir nuotekų dumblas, mineralinės trąšos ir pesticidai. Lietuvoje sunkiųjų metalų koncentracijos dirvožemyje nėra labai aukštos ir jos dažniausiai neviršija dirvožemio didžiausios leistinos koncentracijos didžiausios leistinos koncentracijos (DLK). Sunkiųjų metalų kiekiai gilesniuose dirvožemio sluoksniuose, nedaug skiriasi nuo jų kiekio dirvožemio paviršiniame sluoksnyje (Mažvila *et al.* 2001). Didelės sunkiųjų metalų koncentracijos mažina augalų augimą, jie būna prastesnės kokybės, taip pat stipriai sulėtina ar visai nutraukia kai kuriuos naudingus dirvožemyje vykstančius biologinius procesus (Jakutis, Eičinas 2002).

Gyviesiems organizmams reikalingi maži kai kurių sunkiųjų metalų kiekiai, tokie kaip varis, kobaltas, manganas, cinkas, stroncis, vanadis, molibdenas, tačiau dideli šių metalų kiekiai gali būti žalingi. Kiti metalai, tokie kaip kadmio, švinas ar gyvsidabris neturi jokių biologinių funkcijų. Kadmio laikomas vienu iš kenksmingiausių sunkiųjų

metalu. Varis yra reikalingas vaistinei ramunei (*Matricaria recutita*), tačiau per didelė koncentracija yra žalinga. Kadangi vaistinės ramunės (*Matricaria recutita*) yra plačiai naudojamos tiek išoriškai tiek per virškinamąjį traktą ir yra vienas iš populiariausių vaistinių augalų, todėl yra svarbu, kad šių sunkiųjų metalų kiekiai augaluose neviršytų DLK ir augalas ne tik gydytų, bet tuo pačiu ir nepakenktų sveikatai. Dirvožemyje didžiausia leidžiama koncentracija kadmio (Cd) – 3 mg/kg, vario (Cu) – 100 mg/kg. Neužterštoje augalinėje medžiagoje kadmio (Cd) yra mažiau nei 0,2 mg/kg (Chizzola *et al.* 2008). Pasak Jozefo Kovačiko ir kt. (2011), vaistinių ramunių (*Matricaria recutita*) metabolizmas nedaug pakinta nuo kadmio (Cd) pertekliaus, tai rodo, kad ramunėlės (*Matricaria recutita*) pakankamai toleruoja šį elementą.

Kadangi vaistinė ramunė (*Matricaria recutita*) naudojama maiste, taip pat ir išoriškai, ji turi atitikti kokybės reikalavimus, todėl šio darbo tikslas yra nustatyti kadmio (Cd) ir vario (Cu) poveikį vaistinei ramunei. Buvo tirtas dirvožemio užterštumo Cd ir Cu poveikis vaistinės ramunės (*Matricaria recutita*) morfologiniams, fiziologiniams ir biocheminiams parametrams.

Medžiagos ir metodai

Vaistinių ramunių (*Matricaria recutita*) sėklos buvo pasėtos į 10 cm. skersmens vazonus su dirvožemiu: 10 % smėlio: 90 % durpės. Aštuonių savaičių amžiaus augalai buvo paveikti skirtingomis Cd ir Cu koncentracijomis: Cd – 3, 6, 12 mg/kg (kaip CdSO₄*8/3 H₂O), Cu – 100, 200, 400 mg/kg (kaip CuSO₄*5H₂O). Visi tyrimų variantai, įskaitant ir kontrolę, buvo atlikti 3 pakartojimais. Metalų koncentracijos buvo parinktos taip, kad atspindėtų didžiausias leistinas Cu ir Cd koncentracijas dirvožemyje ir vidutinę bei didelę dirvožemio taršą šiais metalais.

Morfologiniai (šviežia ir sausa masės, žiedų kiekis), fiziologiniai (fotosintezės pigmentų kiekis) ir biocheminiai (MDA kiekis) rodikliai vaistinėse ramunėse (*Matricaria recutita*) buvo matuojami praėjus 4 savaitėms po poveikio kadmiu ir variu (1 pav.).

Žiedų kiekiai nustatyti, imant iš kiekvieno vazono po 3 augalus ir skaičiuojant žiedų vidurkį, tenkantį vienam augalui. Fotosintetinančių pigmentų (chlorofilo a, b ir karotinoidų) kiekiui nustatyti augalų lapuose pasverta maždaug po 0,1 g lapelių masės. Jie sugrūsti porcelianinėje grūstuvėje, užberiant šiek tiek kvarcinio smėlio ir vykdoma ekstrakcija su acetonu. Pigmentų kiekis nustatytas spektrofotometru, naudojant stiklines 1 cm kiuvetes. Mėginio su tirpikliu optinis tankis matuotas esant atitinkam bangos ilgiui: 662 nm. (chlorofilas a) ir 440,5 nm. (karotinoidai).

Palyginamas tirpalas – acetonas. Pigmentų kiekis (mg/l) apskaičiuotas pagal formules:

$$\text{Chlorofilas a} = 9,784 \times D662 - 0,990 \times D644 \quad (1)$$

$$\text{Karotinoidai} = 4,695 \times D440,5 - 0,268 \times (\text{Chlorofilas a} + \text{b}) \quad (2)$$

čia D – optinis tankis ekstrakto, esant atitinkamam bangos ilgiui.

Pigmentų kiekis mg/g žalioje masėje, atsižvelgiant į augalo masę ir mėginio praskiedimą, apskaičiuotas pagal formulę:

$$A = (C \times V) / (P \times 1000) \quad (3)$$

čia C – pigmentų koncentracija mg/l; V – pigmentų ekstrakto tūris ml; P – augalinės medžiagos svoris g.; A – pigmentų kiekis mg/g žaliosios augalo masės.

Plazminių membranų oksidacinio streso sukelti pažeidimai buvo nustatomi spektrofotometriškai, pagal lipidų peroksidacijos galutinio produkto – malondialdehido (MDA) – koncentraciją augalo masėje, naudojant tiobarbitūrinės rūgšties metodą. Pirmiausia paruošti TRIS buferis ir tiobarbitūrinės rūgšties tirpalai. Tada atsverta ir sugrūsta grūstuvėlyje su skystu azotu apie 100–130 mg augalo audinio. Mėginiai užpilti 4 ml TRIS buferio tirpalu ir supilti į centrifugavimo mėgintuvėlį. Centrifuguota 30 min (4000 rpm), tada 1 ml tiobarbitūrinės rūgšties ir 1 ml vaistinių ramunių ekstrakto su TRIS perkelta į karščiui atsparius stiklinius mėgintuvėlius ir jie uždengti dviguba aliuminio folija ir vandens vonelėje kaitinti 100 laipsnių temperatūroje 30 min. Atvėsinus mėgintuvėlius su mėginiu, 1 ml tirpalo perpilta į naujus mėgintuvėlius ir jie centrifuguoti 15 min (14000 rpm). Malondialdehido koncentracija (μM) apskaičiuota pagal formulę:

$$C (\text{MDA}), \mu\text{M} = (A532 - A600) / (0,156 * L) \quad (4)$$

čia L – kiuvetės skersmuo = 1 cm.



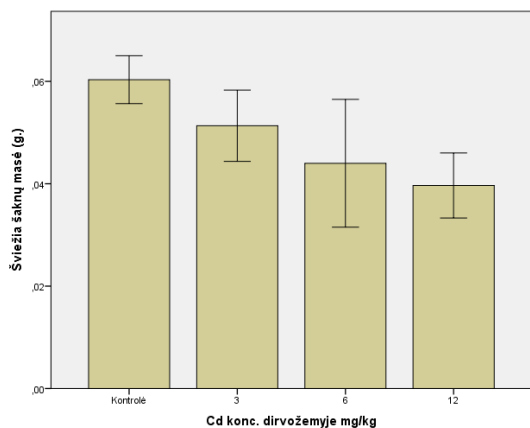
1 pav. Vaistinės ramunės (*Matricaria recutita*) paveiktos Cd (3; 6; 12 mg/kg) ir Cu (100; 200; 400 mg/kg) koncentracijomis bei kontrolinė grupė

Atsižvelgiant į audinio masę ir mėginio atskiedimą, apskaičiuota MDA koncentracija nmol/g šviežio augalo audinio.

Gauti eksperimentų duomenys apdoroti *Microsoft Office Excel* ir *IBM SPSS Statistics 23* programomis. Metalų poveikio stiprumas augalų rodikliams vertintas dispersine analize (ANOVA), ryšys tarp metalų koncentracijų ir augalo rodiklių nustatytas koreliacine analize. Vidurkiai lyginti Stjudento t-testu, skirtumas laikytas patikimu, kai $p < 0,05$.

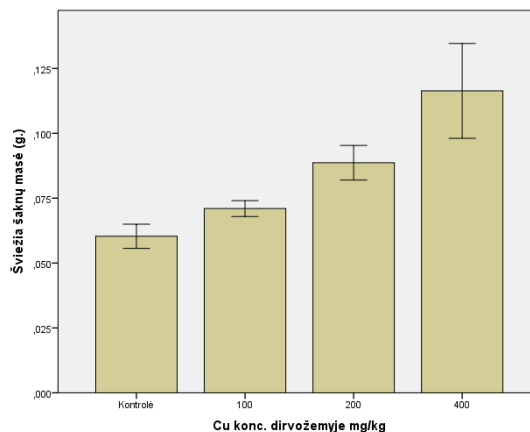
Rezultatai ir jų analizė

Nagrinėjant dirvožemio užterštumo kadmio ir variu poveikį vaistinių ramunių (*Matricaria recutita*) augimui ir Cd bei Cu kaupimuisi jose, buvo nagrinėtas Cd ir Cu poveikis morfologiniams augalo rodikliams. 2–7 paveikluose pateikti morfologiniai vaistinių ramunių (*Matricaria recutita*) parametrai – šaknų šviežių ir sausų biomasių pokyčiai, taip pat tai, kaip kito žiedų kiekis, veikiant augalus 4 savaites, skirtingomis kadmio ir vario dozėmis. Tyrimo rezultatai parodė, kad dirvožemio tarša kadmio ir variu darė įtaką morfologiniams vaistinių ramunių (*Matricaria recutita*) rodikliams. Aukštesniųjų augalų biomasė yra labai jautri sunkiųjų metalų poveikiui (Shanker *et al.* 2005). Pastebėta, kad veikiant kadmio šaknų šviežia biomasė mažėjo (ANOVA $F = 4,916$; $p < 0,05$) ir lyginant 3 mg/kg koncentracijos (kuri yra dirvožemio DLK skirta vaistinėms ramunėms) tyrimus su kontrole, ji sumažėjo 15 %, o esant didžiausiai 12 mg/kg koncentracijai sumažėjo net 34 % ($r = -0,780$, $p < 0,05$). Tačiau kartais augalai veikti kadmio gali sukaupti ir daugiau biomasės. Pagal mokslininkų atliktus tyrimus (De la Rosa *et al.* 2004) augalų šaknys, veikiamos mažų Cd dozių (20 mgCd/l) sukaupia gerokai daugiau biomasės, negu bet kuris kontrolinis augalas.



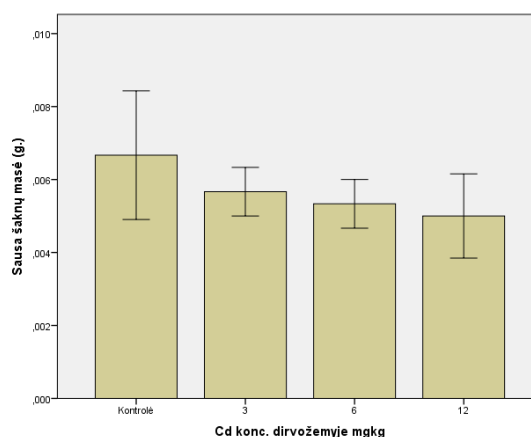
2 pav. Vaistinių ramunių (*Matricaria recutita*) šviežios šaknų biomasės pokyčiai po 4 savaičių Cd poveikio

Veikiant augalus su variu, pastebimas šviežios masės didėjimas (ANOVA $F = 23,405$, $p < 0,05$). Lyginant mažiausia paveikta koncentracija (100 mg/kg), kuri yra dirvožemio DLK vaistinėms ramunėms su kontroline grupe svoris padidėjo 18 %, o prie 400 mg/kg koncentracijos nuo kontrolės padidėjo net 90 % ($r = 0,928$, $p < 0,05$).



3 pav. Vaistinių ramunių (*Matricaria recutita*) šviežios šaknų biomasės pokyčiai po 4 savaičių Cu poveikio

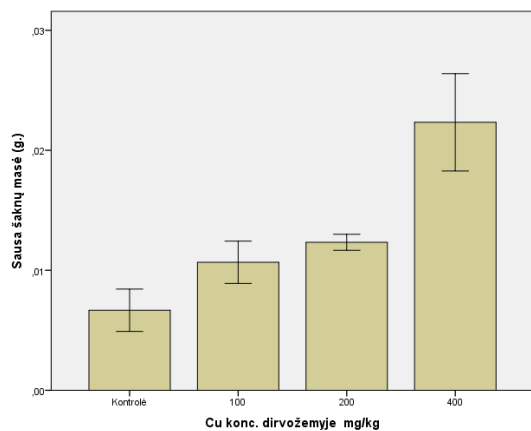
Tuo tarpu šaknų sausos masės, veikiant kadmio sumažėjimas pastebimas nedidelis ir šis skirtumas buvo nepatikimas ($p > 0,05$). Prie 12 mg/kg Cd koncentracijos šaknų masė buvo 25 % mažesnė nei kontrolinių augalų (4 pav.).



4 pav. Vaistinių ramunių (*Matricaria recutita*) sausos šaknų biomasės pokyčiai po 4 savaičių Cd poveikio

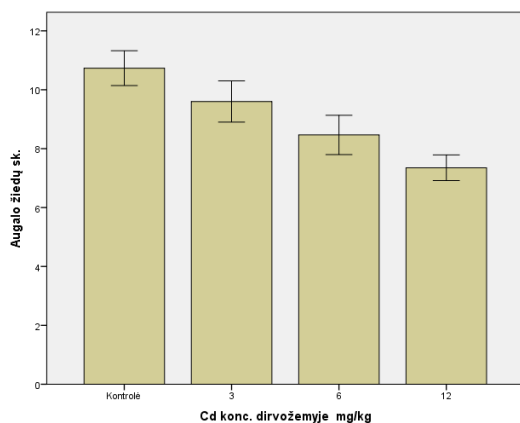
Dirvožemio užterštumas variu darė patikimą poveikį vaistinės ramunės (*Matricaria recutita*) sausų šaknų biomasei (ANOVA $F = 30,718$; $p < 0,05$) (5 pav.). Sausa masė vaistinių ramunių (*Matricaria recutita*) augusių variu užterštame dirvožemyje buvo 1,6–3,3 karto didesnė nei kontrolinių augalų masė. Koreliacinė analizė parodė, kad tarp sausos šaknų masės ir Cu dirvožemio buvo stiprus teigiamas ryšys ($r = 0,905$, $p < 0,05$). Stiprus poveikis šaknims

gali būti paaiškinamas tuo, kad per šaknis pirmiausiai sunkieji metalai patenka iš dirvožemio, todėl šaknys gauna didžiausią metalų poveikį (Drazkiewicz *et al.* 2003).



5 pav. Vaistinių ramunių (*Matricaria recutita*) sausos šaknų biomasės pokyčiai po 4 savaičių Cu poveikio

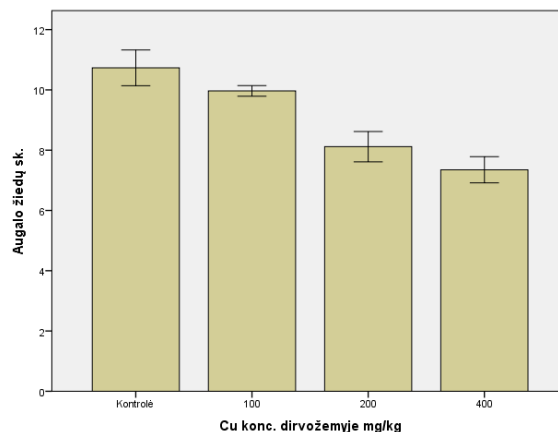
Vidutinis žiedų skaičius tenkantis vienam augalui kontrolėje yra 10,7 žiedo. Po 4 savaičių poveikio kadmiumu buvo apskaičiuotas vaistinių ramunių (*Matricaria recutita*) žiedų kiekis (ANOVA $F = 23,009$; $p < 0,05$), tenkantis vienam augalui. Pastebima, kad kadmio mažina augalų žiedų skaičių. Prie 3 mg/kg Cd koncentracijos žiedų skaičius sumažėjo 10 % palyginti su kontrole, prie 6 mg/kg – 21 %, prie 12 mg/kg sumažėjo 32 % (6 pav.).



6 pav. Vaistinių ramunių (*Matricaria recutita*) žiedų pokyčiai po 4 savaičių Cd poveikio

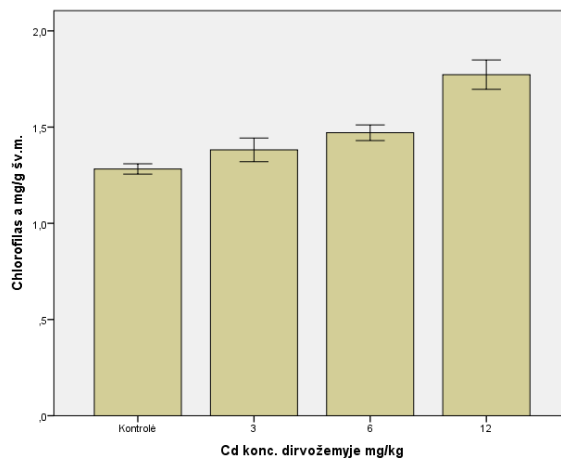
Varis taip pat darė neigiamą poveikį žydėjimui (ANOVA $F = 47,966$; $p < 0,05$). Mažiausia Cu koncentracija žiedų skaičių, lyginant su kontrole sumažino tik 7 %, o esant didžiausiai 400 mg/kg koncentracijai žiedų skaičius sumažėjo 30 % ($r = -0,958$; ($p < 0,05$)).

8 ir 9 paveiksluose pateikti duomenys apie kadmio ir vario poveikį vaistinės ramunės (*Matricaria recutita*) fiziologiniams rodikliams – fotosintezės pigmentų kiekiui.

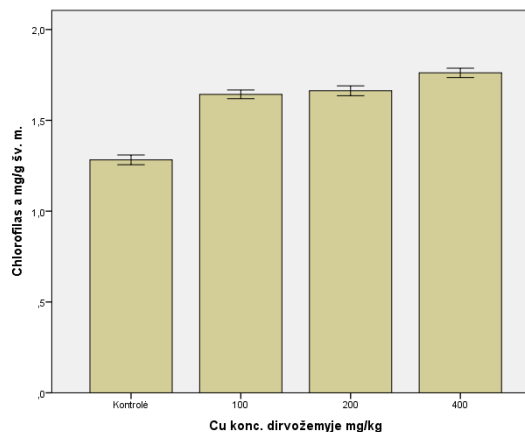


7 pav. Vaistinių ramunių (*Matricaria recutita*) žiedų pokyčiai po 4 savaičių Cu poveikio

Matyti, kad ir Cd ir Cu skatino chlorofilo a gamybą vaistinėje ramunėje ir šios tendencijos buvo patikimos (ANOVA $F = 55,990$; $p < 0,05$). Chlorofilas a prie 3 mg/kg koncentracijos padidėjo 8 %, prie 6 mg/kg 15 %, prie 12 mg/kg 38 % lyginant su kontrole ($r = 0,799$; $p < 0,05$).



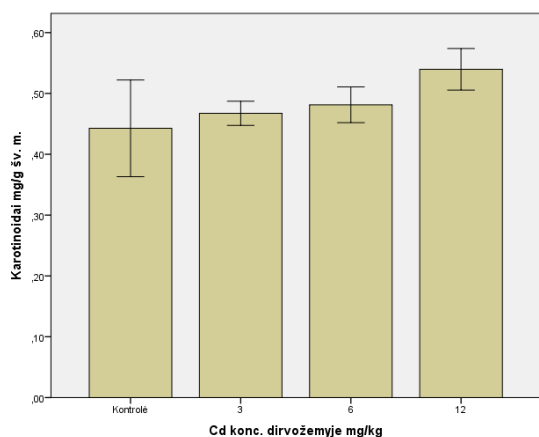
8 pav. Chlorofilo a kiekiai vaistinės ramunės (*Matricaria recutita*) masėje po 4 savaičių Cd poveikio



9 pav. Chlorofilo a kiekiai vaistinės ramunės (*Matricaria recutita*) masėje po 4 savaičių Cu poveikio

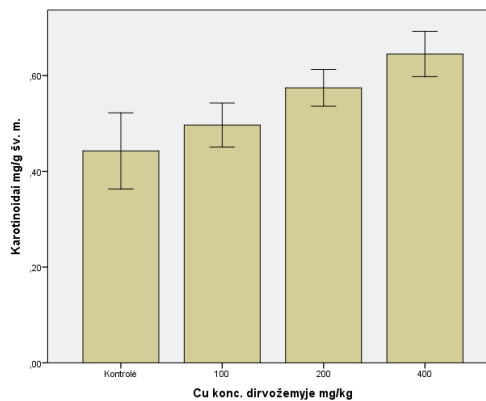
Pagal užsienio autorių tyrimus (Maksymiec 1997), didelis Cu kiekis slopina fotosintezės procesus ir sumažina chlorofilo kiekį. Šiuo atveju gauti priešingi rezultatai. Varis skatino chlorofilo a gamybą vaistinės ramunės šviežioje masėje (ANOVA $F = 259,734$; $p < 0,05$). Prie 100 mg/kg koncentracijos chlorofilo a kiekis padidėjo 28 %, prie 200 mg/kg 30 %, prie 400 mg/kg padidėjo 38 %. Koreliacinė analizė parodė, kad tarp chlorofilo a kiekio ir Cu dirvožemio buvo stiprus teigiamas ryšys ($r = 0,892$, $p < 0,05$).

Karotinoidai apsaugo pigmentus nuo oksidacinio streso (Strzalka *et al.* 2001). Sunkieji metalai, dažniausiai sukelti karotinoidų kiekio sumažėjimą, tačiau kiekviena augalo rūšis kiekvieno metalo gali būti veikiamą skirtingai (Thapar *et al.* 2008). Šio tyrimo metu gauta, kad didėjant kadmio ir vario koncentracijoms dirvožemyje, karotinoidų kiekis didėjo. Teigiama, kad karotinoidų kiekio padidėjimas, gali būti kaip gynybinė augalų reakcija į sunkiųjų metalų sukeltą oksidacinį stresą (Yu *et al.* 2007). Veikiant dirvožemį kadmio 3 mg/kg koncentracija, karotinoidų kiekis padidėjo 1,06 karto, prie 6 mg/kg 1,09 karto, prie 12 mg/kg koncentracijos padidėjo 1,2 karto, tačiau šios tendencijos buvo nepatikimos (ANOVA $F = 3,104$; $p > 0,05$), todėl galima teigti, kad kadmio poveikis karotinoidams nedarė (10 pav.).



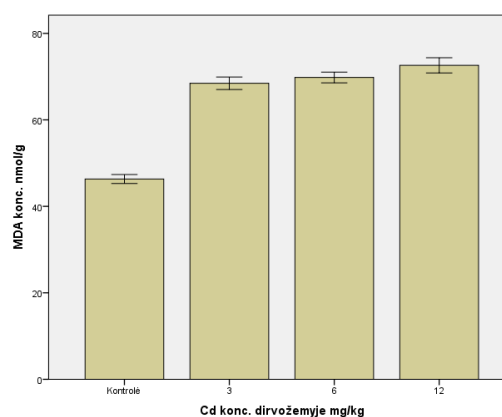
10 pav. Karotinoidų kiekiai vaistinės ramunės (*Matricaria recutita*) masėje po 4 savaičių Cd poveikio

Variu paveiktame dirvožemyje augusių vaistinių ramunių karotinoidų kiekis didėjo atitinkamai nuo vario didėjančios koncentracijos (11 pav.). Didžiausias karotinoidų kiekio padidėjimas pastebimas prie didžiausios (400 mg/kg) vario koncentracijos. Lyginant su kontrole prie 100 mg/kg karotinoidų kiekis padidėjo 1,2 karto, prie 200 mg/kg 1,3 karto, prie 400 mg/kg 1,5 karto (ANOVA $F = 10,349$ ($p < 0,05$); $r = 0,889$ ($p < 0,05$)).



11 pav. Karotinoidų kiekiai vaistinės ramunės (*Matricaria recutita*) masėje po 4 savaičių Cu poveikio

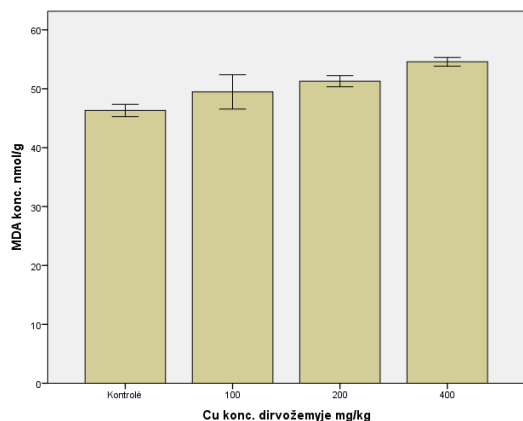
Malondialdehido matavimai naudojami kaip lipidų peroksidacijos indikatorius. Lipidų peroksidacija yra augalų ir gyvūnų ląstelių sužalojimo mechanizmas ir naudojamas kaip oksidacinio streso indikatorius ląstelėse ir audiniuose. Lipidų peroksida susidaro iš polinesočiųjų riebalų rūgščių (Osumex Natural Alternatives 2006). Liu Da-lin *et al.* (2011), tyrė kadmio poveikį augalų augimo ir fiziologinėms savybėms, nustatė, kad MDA kiekis sumažėja kai kadmio koncentracija dirvožemyje yra didesnė nei 50 mg/kg, tačiau didėja prie mažų kadmio koncentracijų, ką gavome ir šiame tyrime (12 pav.). Prie 3 mg/kg pastebimas staigus MDA padidėjimas lyginant su kontrole (48 %), o prie 12 mg/kg koncentracijos MDA kiekis padidėjo 57 % ir šios tendencijos buvo patikimos (ANOVA $F = 3,959$ ($p < 0,05$); $r = 0,761$)).



12 pav. MDA kiekiai vaistinėje ramunėje (*Matricaria recutita*) po 4 savaičių Cd poveikio

Veikiant Cu MDA koncentracija taip pat didėjo (ANOVA $F = 35,795$ $p < 0,05$), didėjant ir Cu koncentracijai dirvožemyje. Prie 100 mg/kg koncentracijos padidėjo 7 %, prie 200 mg/kg 11 %, o prie didžiausios 400 mg/kg padidėjo 18 % lyginant su kontrole ($r = 0,926$, $p < 0,05$)).

(13 pav.). Tačiau vaistinėms ramunėms (*Matricaria recutita*) augusioms variu užterštame dirvožemyje, stresas buvo mažesnis negu kadmio užterštame dirvožemyje. Tai būtų galima paaiškinti tuo, kad varis yra reikalingas mikroelementas augalo metabolizmui bei antioksidacinių fermentų veiklai, o kadmio nereikalingas, todėl prie vario augalai patiria mažesnę stresą (Megateli *et al.* 2009).



13 pav. MDA kiekis vaistinėje ramunėje (*Matricaria recutita*) po 4 savaičių Cu poveikio

Išvados

1. Morfologiniams vaistinės ramunės (*Matricaria recutita*) parametrams kadmio darė neigiamą poveikį – didėjant Cd koncentracijoms, mažėjo šaknų šviežios ir sausos biomasės bei augalų žiedų kiekis. Varis pasižymėjo teigiamu poveikiu – šaknų šviežios ir sausos biomasės didžiausios buvo esant 400 mg/kg koncentracijai. Tačiau varis, kaip ir kadmio darė neigiamą įtaką žiedams – veikiant variu, žiedų skaičius palyginti su kontrole sumažėjo 30 %, o veikiant kadmio sumažėjo 32 %.

2. Chlorofilams metalai neigiamos įtakos nedarė, Cd ir Cu skatino chlorofilo a gamybą vaistinėje ramunėje ($p < 0,05$). Esant didžiausios Cd (12 mg/kg) ir Cu (400 mg/kg) koncentracijoms chlorofilo a kiekis padidėjo vienodai, lyginant su kontrole jų kiekis padidėjo 38 %. Šie metalai taip pat skatino ir karotinoidų gamybą, tačiau prie kadmio paveikto dirvožemio didelis skirtumas lyginant su kontrole nebuvo pastebėtas. Paveikus dirvožemį variu, didžiausios (400 mg/kg) koncentracijos karotinoidų kiekis vaistinėse ramunėse padidėjo 1,5 karto.

3. Cd ir Cu augalams sukėlė oksidacinį stresą. Prie kadmio 3 mg/kg koncentracijos pastebimas staigus MDA padidėjimas (48 %), o prie didžiausios (12 mg/kg) koncentracijos lyginant su kontrole MDA kiekis padidėjo 57 %, tačiau patikimos tendencijos nebuvo nustatyta ($p > 0,05$). Veikiant Cu MDA kiekis padidėjo nežymiai (didžiausias padidėjimas lyginant su kontrole buvo 18 %).

Literatūra

- Shanker, K. A.; Cervantes, C.; Loza-Tavera, Z.; Avudainayagam, S. 2005. Chromium toxicity in plants, *Environment International* 31: 739–753. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2005.02.003>
- Chizzola, R. *et al.* 2008. Extractability of selected mineral and trace elements in infusions of chamomile, *International Journal of Food Sciences and Nutrition* September 59(6): 454.
- De la Rosa, G.; Peralta-Videa, J. R.; Montes, M.; Parsons, J. G.; Aguilera, I. C.; Gardea-torresdey, J. L. 2004. Cadmium uptake and translocation in tumbleweed, a potential Cd – hyperaccumulator desert plant species: ICP/OES and XAS studies, *Chemosphere* 55(2004): 1159–1168. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2004.01.028>
- Drazkiewicz, M.; Tukendorf, A.; Baszynski, T. 2003. Age-dependent response of size leaf segments to cadmium treatment: effect on chlorophyll fluorescence and phytochelation accumulation, *Journal of Plant Physiology* 160: 247–254. <https://doi.org/10.1078/0176-1617-00558>
- Gudžinskas, Z.; Balvočiūtė, J. 2007. *Lietuvos vaistiniai augalai. Pažįstami, bet nežinomi, kūno sveikatai, sielos džiaugsmui*. Kaunas: Šviesa, 108–109.
- Hawkins, K. 2012. *Vaistinių ir prieskoninių augalų žinynas*. Vilnius: Aktėja. 34 p.
- Yu, X.-Z.; Gu, J. D.; Huang, S. Z. 2007. Hexavalent chromium induced stress and metabolic responses in hybrid willows, *Ecotoxicology* 16: 299–309. <https://doi.org/10.1007/s10646-006-0129-6>
- Jakutis, G.; Eičinas, J. 2002. *Dirvožemio užterštumo sunkiaisiais metalais analizė. Žmogaus ir gamtos sauga*. Kaunas: LŽŪU, 52–54.
- Kováčik, J. *et al.* 2011. Accumulation of metals and selected nutritional parameters in the field-grown chamomile antheridia, *Food Chemistry* 131(1): 1 March 2012: 55–62. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.08.028>
- Da-lin, L.; Kai-qi, H.; Jing-jing, M.; Wei-wei, Q.; Xiu-ping, W.; Shu-pan, Z. 2011. Effects of cadmium on the growth and physiological characteristics of sorghum plants, *African Journal of Biotechnology* 10(70), 9 November: 15770–15776.
- Maksymiec, W. 1997. Signaling responses in plants to heavy metal stress, *Acta physiologia plantarum* 29: 177–187.
- Mažvila, J.; Adomaitis, T.; Antanaitis, A.; Eitminavičius, L.; Lubytė, J.; Matusevičius, K. 2001. *Sunkieji metalai Lietuvos dirvožemiuose ir augaluose*: Monografija. Kaunas: LŽI Agrocheminių tyrimų centras „Kitos spalvos“. 334 p.
- Megateli, S.; Semsari, S.; Couderchet, M. 2009. Toxicity and removal of heavy metals (cadmium, copper and zinc) by Lemna gibba, *Ecotoxicology and Environmental Safety* 72: 1774–1780. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2009.05.004>
- Osumex Natural Alternatives. 2006. *MDA – a measure of free radical of activity*. Canada.
- Pavlovič, A.; Masarovičová, E.; Král'ová, K.; Kubová, J. 2006. Response of Chamomile Plants (*Matricaria recutita* L.) to Cadmium Treatment, *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* 77(5): 763–771. <https://doi.org/10.1007/s00128-006-1129-1>
- Rai, V.; Kakkar, P.; Misra, C.; Ojha, S. K.; Srivastava, N.; Mehrotra, S. 2007. Metals and Organochlorine Pesticide Residues in Some Herbal Ayurvedic Formulations, *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* (2007)79: 269–272. <https://doi.org/10.1007/s00128-007-9063-4>

Rausch, A.; Lotz, B. 2005. *Vaistinių ir prieskoninių augalų enciklopedija*. Vilnius: Mūsų knyga. 170 p.

Strzalka, K.; Prasad, M. N. V.; Malec, P.; Waloszek, A.; Bojko, M. 2001. Physiological responses of *Lemna trisulca* L. to cadmium and copper bioaccumulation, *Plant Science* 161: 881–889.
[https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(01\)00478-2](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(01)00478-2)

Thapar, R.; Srivastava, A. K.; Bhargava, P.; Mishra, Y.; Rai, L. C. 2008. Impact of different abiotic stress on growth, photosynthetic electron transport chain, nutrient uptake and enzyme activities of Cu – acclimated *Anabaena doliolum*, *Journal of Plant Physiology* 165: 306–316.
<https://doi.org/10.1016/j.jplph.2007.05.002>

CADMIUM AND COPPER EFFECTS ON THE MORPHOLOGICAL, PHYSIOLOGICAL AND BIOCHEMICAL PARAMETERS OF *MATRICARIA RECUTITA*

V. Narkevičiūtė, J. Žaltauskaitė

Summary

Many plants are used in pharmacy as well as consumed as spices or tea herbs. Increase of environmental pollution may impact the quality of herbal plants and affect the health of people consuming them. Frequent use of polluted herbs may cause toxic effects to human health. The aim of this study was to evaluate soil pollution with Cd (3, 6, 12 mg/kg) and Cu (100, 200, 400 mg/kg) to the growth of a chamomile (*Matricaria recutita*). The plants were exposed to Cu and Cd for 4 weeks. The morphological (roots, fresh and dry weight; blossoms contents), physiological (photosynthetic pigment), biochemical (malondialdehyde (MDA) content) parameters were investigated.

Keywords: cadmium (Cd), copper (Cu), chamomile, malondialdehyde, photosynthesis pigments.