

# Utjecaj različitih supstrata obogaćenih otopinom cinka i selena na translokaciju cinka i selena u presadnice salate

---

Jukić, Ana

Master's thesis / Diplomski rad

2018

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:545797>

*Rights / Prava:* [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-12-27**



Sveučilište Josipa Jurja  
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet  
agrobiotehničkih  
znanosti Osijek**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek - Repository of the Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Ana Jukić

Sveučilišni diplomski studij Povrćarstvo i cvjećarstvo

**UTJECAJ RAZLIČITIH SUPSTRATA OBOGAĆENIH OTOPINOM CINKA I  
SELENA NA TRANSLOKACIJU CINKA I SELENA U PRESADNICE SALATE**

Diplomski rad

Osijek, 2018.

**SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU**  
**FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK**

Ana Jukić

Sveučilišni diplomski studij Povrćarstvo i cvjećarstvo

**UTJECAJ RAZLIČITIH SUPSTRATA OBOGAĆENIH OTOPINOM CINKA I  
SELENA NA TRANSLOKACIJU CINKA I SELENA U PRESADNICE SALATE**

Diplomski rad

Osijek, 2018.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Ana Jukić

Sveučilišni diplomski studij Povrćarstvo i cvjećarstvo

**UTJECAJ RAZLIČITIH SUPSTRATA OBOGAĆENIH OTOPINOM CINKA I  
SELENA NA TRANSLOKACIJU CINKA I SELENA U PRESADNICE SALATE**

Diplomski rad

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. izv.prof.dr.sc. Tomislav Vinković, predsjednik
2. izv.prof.dr.sc. Brigita Popović, mentor
3. doc.dr.sc. Vladimir Ivezić, član

Osijek, 2018.

# SADRŽAJ

|   |           |
|---|-----------|
| 1. UVOD .....   | 1         |
| 2. PREGLED LITERATURE .....   | 5         |
| 3. MATERIJALI I METODE .....  | 12        |
| 3.1. Postavljanje laboratorijskog izvedbenog pokusa.....              | 12        |
| 3.2. Kemijske analize supstrata .....                                 | 13        |
| 3.2.1    pH reakcija .....  | 13        |
| 3.2.2    Električni konduktivitet (EC) .....                          | 13        |
| 3.2.3    Sadržaj organskog ugljika .....                              | 14        |
| 3.2.4    Sadržaj ukupnog dušika.....                                  | 14        |
| 3.2.5    C/N odnos.....   | 15        |
| 3.2.6    Sadržaj fosfora i kalija.....                                | 15        |
| 3.2.7    Sadržaj cinka i selena u supstratima.....                    | 15        |
| 3.3. Kemijske analize presadnica .....                                | 16        |
| 4. REZULTATI.....   | 17        |
| 4.1. Kemijska svojstva supstrata .....                                | 17        |
| <b>4.1.1. Osnovna svojstva supstrata i sadržaj makroelementa.....</b> | <b>17</b> |
| 4.1.2. Koncentracija mikroelemenata u supstratima.....                | 18        |
| 4.2. Sadržaj cinka i selena u presadnicama salate .....               | 19        |
| 4.3. Koeficijent akumulacije cinka i selena.....                      | 22        |
| 5. RASPRAVA.....  | 24        |
| 5.1. Kemijska svojstva supstrata .....                                | 24        |
| 5.2. Sadržaj cinka i selena u presadnicama .....                      | 25        |
| 5.3. Koeficijent akumulacije cinka i selena u presadnicama .....      | 27        |
| 6. ZAKLJUČAK .....  | 29        |
| 6. LITERATURA.....  | 30        |
| 8. SAŽETAK.....   | 34        |
| 9. SUMMARY .....  | 35        |
| 10. POPIS SLIKA .....   | 36        |
| 11. POPIS TABLICA.....  | 37        |
| 12. POPIS GRAFIKONA.....  | 38        |
| TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA                                      |           |
| BASIC DOCUMENTATION CARD  |           |

## 1. UVOD

Glavočike (*Zvezdanovke, Compositae ili Asteraceae*) su vrstama najbogatija porodica flore u Hrvatskoj. Kakarakteriziraju je sitni i mnogobrojni cvjetovi skupljeni u glavičaste cvatove (odatle naziv glavočike) koji stoje na zajedničkom cvjetištu tako da ponekad nalikuju na velike cvjetove. Porodica glavočika obuhvaća više od 25000 vrsta. Dijele se na dvije potporodice *Asteroideae* i *Cichoriodeae*. Iz prve potporodice u Hrvatskoj su poznate čičoka, artičoka i karda, ali su manje važne povrtne kulture. *Cichoriadae* imaju veću važnost jer se iz te potporodice u Hrvatskoj uzgaja salata, endivija i radič (Maceljki, M. i sur., 2004). Karakteristike *Cichoriadeae* su su jezičasti cvjetovi i kanalići ispunjeni mlijekom, a *Asteroideae* imaju cjevaste središnje cvjetove i kanaliće ispunjene uljima, smolom ili balzomom (Parađiković, 2009.)

Smatra se da salata (*Lactuca sativa L.*) potječe iz zapadne Azije, istočne Afrike i naročito Egipta, gdje se uzgajala i prije 2 500 godina. Divlji oblik salate nije poznat i pretpostavlja se da je kulturna forma nastala mutacijom iz divlje vrste *Lactuca serriola Torner* (Parađiković 2009.). Salata je jednogodišnja biljna vrsta, a javlja se u više varijeteta. Uglavnom je uzgajamo sadnjom iz prijesadnica u polje ili u zatvorenom prostoru. Uzgoj direktnom sjetvom od manje je važnosti (Maceljki i sur., 2004.)

Salata se dijeli na nekoliko varijeteta, a salate glavatice su podijeljene na dva najčešća tipa: kristalke s jače nazubljenim rubovima lista i maslenke koje su nježnih listova i ravnog lisnog obruba. Salata maslenka se prvi put opisuje u 16. stoljeću, a kristalka u 19. stoljeću. Salata je prva kultura koja se uzgajala u nekakvim improviziranim zaštićenim uvjetima. Vrlo je rasprostranjena vrsta lisnatog povrća. Glavičasta salata sadrži prosječno 94% vode, 2% šećera, 0,6% sirove celuloze, 0,6% mineralnih tvari i 1,2% sirovih proteina. Bogata je vitaminom C, B1, B2, karotenom i dr., a od mineralnih tvari bogata je solima kalija, željeza, fosfora i dr. U literaturi je poznato da se u vanjskom lišću glavice nalazi oko trideset puta više vitamina A i tri puta više vitamina C nego u unutrašnjem lišću glavice. Salata se lako i uspješno može uzgajati u staklenicima i plastenicima koji su namijenjeni uzgoju osjetljivih kultura koje se uzgajaju u zaštićenim prostorima (rajčice, krastavaca, paprike itd.). Kao kultura s relativno kratkom vegetacijom (55 - 65 dana) vrlo često se uzgaja u dva i više turnusa. To je osobito važno za racionalizaciju proizvodnog prostora, radne snage i dr.

Zbog skromnijih potreba za toplinom i svjetlošću, vrlo uspješno se može uzgajati u zimskom razdoblju. U našim krajevima najčešće se uzgaja kao predkultura ostalim povrtlarskim kulturama, kao što su rajčica i krastavac, čiji se rokovi sadnje i skidanja mogu idealno prilagoditi za predsezonsku proizvodnju nakon skidanja salate (Parađiković, 2009).

Prema podacima Državnog zavoda za statistiku Republike Hrvatske (2017.) ukupne poljoprivredne površine koje su bile pod uzgojom salate na otvorenom su 199 ha s prirodom od 19,6 t/ha. Kada se govori o uzgoju salate pod visoko zaštićenim prostorom i staklom uzgoj je bio na 11 ha s prirodom od 16,4 t/ha.

Biljna hraniva su hranjive tvari, tj. kemijski elementi, koji se prema značaju za ishranu biljaka dijele na potrebne (esencijalne), korisne, nekorisne i toksične elemente. Skupinu esencijalnih elemenata čini 17 elemenata: C, O, H, N, P, K, S, Ca, Mg, Fe, B, Mn, Zn, Cu, Mo, Cl i Ni. Korisni elementi su: Co, Na, Si, Al, Se, V, Ti, La i Ce. Toksični elementi u ishrani biljaka su: Cr, Cd, U, Hg, Pb, As i dr. (Vukadinović i Lončarić, 1997.).

Cink je kemijski element koji ima simbol Zn i atomski broj 30. Naziv dolazi od njemačke riječi *zinke* što znači zubac zbog pojavljivanja cinkovog karbonata u rudama zupčastog oblika. Nalazi se u 12. skupini periodnog sustava elemenata, atomske mase 65, 409. Cink po zatupljenosti na Zemlji od 76 ppm (0,0076%) u Zemljinoj kori je relativno čest element te je zbog toga 24. najčešće zastupljeni element na Zemlji. Rijetko se može pronaći kao samorodan metal u prirodi. Obično je u sastavu minerala.

Cink zbog svoje relativne gustoće pripada u grupu teških metala. Teški metali su kemijski elementi čija je gustoća veća od  $5 \text{ kg dm}^{-3}$ , a zbog niskih koncentracija ( $\text{mg kg}^{-1}$  ili manje), često se koristi naziv „elementi u tragovima“. U skupinu teških metala, koji se nalaze u pedosferi ubrajamo: Fe, Mn, Zn, Cu, Mo, Ni, Co, Pb, Hg i Cd. Teške metale u ishrani bilja dijelimo na esencijalne, korisne i toksične. Esencijalnim mikroelementima pripadaju: Fe, Mn, Zn, Cu, Mo i Ni. Kobalt nije neophodan, već je koristan biljkama, ali i životinjama i ljudima. Toksični teški metali su Ni, Pb, Hg i Cd (Vukadinović i Lončarić, 1997.; He i sur., 2005.; Schulin i sur., 2010.).

Cink ima trostruku ulogu u metabolizmu: katalitičku, kokatalitičku i strukturnu. Esencijalni je oligoelement te ga u tijelu odrasle zdrave osobe ima 1,3 do 2,3 g. Potreban je za djelovanje više

od 300 metaloenzima, preko 500 proteina regulatora gena, a ima i niz drugih uloga u stanici i izvan nje.

Nedostatak cinka u prehrani značajan je problem cijelog svijeta, kao i anemija uslijed nedostatka željeza. Nedostatak cinka u prehrani povezan je s brojnim simptomima. Također, kod mnogih bolesti se primjećuje manjak cinka u organizmu (Domitrović i Milin, 2000).

Cink je mikronutrijent potreban i biljkama i čovjeku za očuvanje zdravlja. Sa stajališta biljke cink je značajan zato što sudjeluje u formiranju klorofila. Nedostatak cinka izaziva klorozu tkiva biljke te skraćuje internodija. Osim toga utječe i na različite enzime, formiranje polena te na kvalitetu ploda (Marschner, 1995.). Sa stajališta čovjeka deficit cinka zahvaća ukupno 17,3 % stanovništva. Nedostatak ovoga esencijalnog mikronutrijenta može izazvati kod čovjeka niz kožnih i respiratornih bolesti (Welch, 2002.).

Brojni su činitelje na distribuciju cinka u tlu, a najznačajniji među njima su: tip tla, vlaga tla, sadržaj i vrsta minerala i gline, sadržaj organske tvari, pH vrijednosti tla i oborine.

Selen (grčka riječ selene - Mjesec) je nemetal koji pripada 16. skupini periodnog sustava elemenata. Atomski broj mu je 34, a atomska masa 78,96. Selen je srodan sumporu i teluriju. U prirodi je rijedak u elementarnom obliku. U većim količinama je otrovan, no u tragovima je esencijalan za stanice većine životinja, budući da je bitan sastojak enzima glutationa peroksidaze i tioredoksina reduktaze, kao i tri enzima deiodinaze, koji su sastavni dio hormona štitnjače. Potreba za selenom kod biljaka zavisi od vrste. Otkriven je 1817. godine od strane švedskog kemičara Jöns Jakob Berzeliusa. Dobio ga je u mulju koji nastaje nakon proizvodnje sumporne kiseline.

Biljke usvajaju selen kao selenat ( $\text{SeO}_4^{2-}$ ) ili selenit ( $\text{SeO}_3^{2-}$ ) anion. Može zamijeniti sumpor u cisteinu, metioninu i enzimima koji sadrže sumpor (npr. ATP sulfurilaza), i to u slučajevima kada je zbog visoke raspoloživosti selena u tlu smanjeno usvajanje sulfata. Postoje značajne varijacije u fiziologiji određenih biljaka po pitanju selena. One koje egzistiraju na tlima bogatim selenom, tolerantne su i mogu akumulirati selen u visokim koncentracijama ( $4000 \text{ mg Se kg}^{-1}$  i više), no na većinu biljaka neakumulatora u višim koncentracijama može djelovati toksično. Kod neakumulatora, prag koncentracije, koja rezultira 10 %-tnim smanjenjem usjeva, u tkivu izdanaka varira od  $2 \text{ mg Se kg}^{-1}$  kod riže, do  $330 \text{ mg Se kg}^{-1}$  kod bijele djeteline (Terry i sur. 2000.).



Kada se govori o čovjeku, dnevna potreba odraslog čovjeka za selenom iznosi 250 – 300 µg, dok već u količini 50 – 100 mg djeluje toksično.

Selenom bogate namirnice su brazilski oraščići, riba, plodovi mora, cjelovite žitarice, pšenične klice, kokos, orasi, pistacio i kvasac (Vukadinović i Lončarić, 1997.). Viškom selena u tijelu stvara se metilirani selen za kojeg je nedavno otkriveno da smanjuje rizik od tumora (Šperanda, 2013.).

Poljoprivreda i industrija se smatraju najvećim antropogenim izvorima selena neposredno u tlo ili posredno emisijom u atmosferu. Poljoprivredne aktivnosti zbog kojih dolazi do povećanja koncentracije selena u tlu su: navodnjavanje, aplikacija fosfatnih gnojiva, kanalizacijski mulj te stajski gnoj. Navodnjavanje povećava koncentraciju selena u okolišu jer otapa i ispire selen vezan na minerale tla ili direktno povećava koncentraciju u tlu ako je korištena voda obogaćena selenom (Saha i sur., 2017).

### 1.1. Cilj istraživanja

Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj porijekla supstrata na mogućnost uzgoja presadnica salate te njihov utjecaj na sadržaj selena i cinka u presadnicama salate. Nadalje, dopunski cilj je bio kako unošenje otopine cinka i selena u različite supstrate utječe na translokaciju cinka i selena u presadnice salate.

Sukladno navedenom cilju postavljene su sljedeće hipoteze:

- Presadnice salate mogu se uspješno uzgojiti na različitim vrstama supstrata
- Ovisno o porijeklu i kemijskom sastavu supstrata ovisit će i sadržaj selena i cinka u presadnicama
- Dodatkom otopine selena i cinka povećat će se sadržaj selena i cinka u presadnicama

## 2. PREGLED LITERATURE

Salata je najzastupljenije povrće uzgajano u staklenicima u Hrvatskoj. Spada u grupu nitrofilnih biljaka i sklona je akumulaciji nitrata. Zna se da 90 % nitrata u ljudskoj ishrani potječe baš od povrća, a među njima je u prvom redu od salate i špinata (Corre i Breimer, 1979.). Povećanje doze nitrata u konzumnom povrću predstavlja potencijalnu opasnost po zdravlje čovjeka, a naročito djece (Durman i sur., 1990.).

Za rast salate optimalna je relativna vlaga zraka 75 do 85 %. Neposredno nakon sadnje održavaju se niže temperature, a zatim iduća tri tjedna više. Pri formiranju rozete temperatura se opet snižava, a u fazi savijanja glavica još više, 10 do 12 °C danju i 4 do 5 °C noću. U negrijanom zaštićenom prostoru salata se može uzgajati u 2 turnusa u kontinentalnom području ili u 3 turnusa u priobalju. Ako se u kontinentalnom području sadi u rujnu, dolazi za berbu u prosincu. Na istoj površini idući turnus dolazi za berbu početkom travnja. U isto vrijeme, u priobalju su moguća tri turnusa. Srednji turnus traje najduže, od sadnje do berbe, oko tri mjeseca (Kantoci, 2008.).

Udio cinka u Zemljinoj kori je malen, oko 100  $\mu\text{g g}^{-1}$  (0,01 %). Međutim, u usporedbi s ostalim teškim metalima, možemo reći da je cink u litosferi osrednje zastupljen, nekoliko stotina puta manje od željeza, ali i stotinu puta više od bakra. Glavne rude cinka su sfalerit  $\text{ZnS}$  i smitsonit  $\text{ZnCO}_3$ . Cink pripada skupini elemenata u tragovima koji su potencijalno najopasniji za biosferu. Glavni izvori onečišćenja su industrija i korištenje tekućeg gnojiva, kompostiranog materijala i agrokemikalija kao što su gnojiva i pesticidi u poljoprivredi. Aerodepozicija je vrlo važan izvor obogaćivanja tla cinkom. Prema (Wilson i sur., 2008.) izvori zagađenja Zn su: komunalni mulj, talionički otpad, peradski i svinjski stajski gnoj. Nedostaci cinka i željeza su najrašireniji nedostaci mikronutrijenata u svijetu. Gotovo 50 % tala obrađivanih za proizvodnju žitarica na globalnoj razini imaju nisku razinu biljci dostupnog Zn (Cakmak, 2009).

Cink se usvaja aktivno i kod njegovog usvajanja antagonistički djeluju veće količine kalcija i magnezija. Pristupačnost cinka je veća u kiselim tlima i u tim okolnostima postoji opasnost od njegovog ispiranja. Nedostatak cinka javlja se najčešće na teškim glinovitim tlima. Cink se čvrsto sorbira na izmjenjivački kompleks tla te mu je koncentracija u vodenoj fazi izuzetno niska. Prosječan sadržaj cinka u tlu je 5-20 mg/kg (Vukadinović i Lončarić, 1998.).

Koncentracija cinka u najvećoj mjeri ovisi o kemizmu matične stijene, količini organske tvari i pH vrijednosti. Poznato je više od 80 minerala cinka, a najčešći su sfalerit i vurtzit, cinkit, gahnit, smithsonit i hemimorfit. Cink je relativno mobilan pri manjim vrijednostima pH ( $\text{pH} < 4,5$ ). Cink se adsorbira na Fe-Mn-oksihidrokside, minerale glina i organsku tvar. Raspršuje se u okoliš kroz pigmente boja, pocinčano željezo, baterije, otpadne vode, topionice, stara skladišta na obalama rijeka i dr. (Halamić i Miko, 2009.).

Prema podacima Sposita iz 1998. kemijski sastav Zemljine kore i tla sadrži  $65 \text{ mg kg}^{-1}$  Zn u Zemljinoj kori i  $48 \text{ mg kg}^{-1}$  Zn u tlu, te  $0,10 \text{ mg kg}^{-1}$  Cd u Zemljinoj kori i  $0,20 \text{ mg kg}^{-1}$  Cd u tlu. U oraničnom sloju tla, dubine 30 cm, relativne gustoće  $1,5 \text{ kg dm}^{-3}$ , ukupna masa tla na površini jednog hektra je 4,5 milijuna kilograma ( $4,5 \times 10^6 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Budući je koncentracija Zn  $48 \text{ mg kg}^{-1}$ , znači da je u oraničnom sloju takvog tla  $216 \text{ kg Zn ha}^{-1}$ .

Cink i kadmij su sastavni elementi Zemljine kore i uvijek se javljaju u kombinaciji. Kemijski su vrlo slični, pripadaju 12. skupini elemenata periodnog sustava (skupina cinka), kadmij je toksičan, a cink esencijalan element za organizme. Iako je cink esencijalan element, zbog previsoke koncentracije u tlu i okolini mogu biti toksične količine cinka u namirnicama. Zbog važnosti cinka kao esencijalnog elementa za organizam, ali i zbog mogućnosti kontaminacije hrane u svijetu postoji organizacija (International Zinc Association, (IZA), koja se između ostalog bavi proučavanjem utjecaja cinka na okoliš, hranu i zdravlje ljudi. U svijetu se redovito održavaju simpoziji i kongresi koji se bave tom problematikom (Symposium on Trace elements and health, Helsinki 2007.; Zinc crops, Istanbul 2007.; Zinc in Improving Crop Production and Human Health, India, 2009.; Internacional Zinc Conference, SAD 2008.; China Internacional Lead and Zinc Conference, China 2008.; Lead)

Nedostatak cinka najčešće se javlja na tlima alkalne reakcije (vapnenim tlima), a manje na tlima neutralne ili kisele reakcije. Isto tako nedostatak cinka javlja se kao posljedica erozije površinskog sloja tla. Nedostatku cinka pogoduje hladno i kišovito vrijeme. Pogodnu reakciju na gnojidbu cinkom imaju tla s niskom količinom organske tvari ili tla s viškom vapna. Cink se u tlu pojavljuje u tri frakcije: 1. Zn topljiv u vodi (uključujući  $\text{Zn}^{2+}$ ), 2. adsorbirani i izmjenjivi cink u koloidnoj frakciji (povezan s česticama gline i humusom) i 3. netopivi cinkovi kompleksi i minerali (Barber, 1995.). Nedostaci cinka i željeza, uzrokovani visokom pH vrijednosti u alkalnim tlima, su također primijećeni u istočnim dijelovima Hrvatske (Jug i sur., 2008).

Ovo istraživanje u Hrvatskoj je pokazalo da se od zapada prema istoku, sa povećanjem vrijednosti pH tla, smanjuje sadržaj mikroelemenata u tlu (uglavnom Zn i Fe nedostaci).

Brojni činitelji utječu na distribuciju cinka u tlu, a najznačajniji među njima su: tip tla, vlaga tla, sadržaj i vrsta minerala i gline, sadržaj organske tvari, pH vrijednost tla i oborine. Tlo sadrži više od 90 % biljkama nedostupnog cinka. Tlo može sadržavati od 2 do 25 ppm izmjenjivog i organskog cinka. Koncentracija cinka iznad 100 ppm toksična je za veliki broj poljoprivrednih kultura (Schulte, 1992.). Prema Pravilniku o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja (Narodne novine 32/2010) (na temelju Zakona o poljoprivrednom zemljištu —Narodne novine, br. 152/08) kao onečišćujuće tvari i potencijalno toksični elementi navode se teški metali među kojima je i cink.

Sadržaj cinka u biljkama je nizak, koncentracije su u granicama 0.6 do 83 mg kg<sup>-1</sup>, ovisno o biljnoj vrsti. U biljnoj tvari uvijek je prisutan kao dvovalentni kation. Fiziološka uloga je vrlo značajna, budući da Zn utječe na metabolizam mnogih tvari. Izuzetna važnost je u biosintezi DNA i RNA, proteina i auksina. Povećava otpornost prema bolestima, suši i niskim temperaturama. Toksičnost se javlja rijetko i to na kiselim tlima i rudištima uz koncentracije od 200-500 mg kg<sup>-1</sup> u suhoj tvari lista. Kod ljudi do nedostatka Zn može doći zbog povećanog sadržaja teških metala, Ca i Mg u hrani. Posljedice manjka su poremećaj u regulaciji šećera zbog smanjene produkcije inzulina i slabljenje imunološkog sustava. Toksičnost se javlja pri unosu više od 2 g Zn dnevno. (Vukadinović i Lončarić, 1998.). Cink je jedan od esencijalnih mikorelemenata za biljku. Biljka koristi cink za formiranje klorofila, pa je zbog toga u tom procesu povezan s željezom i manganom. Simptomi nedostatka cinka na ratarskim kulturama očituje se u klorozu tkiva i kraćim internodijima što daje biljci zakržljali izgled. Cink također utječe na metabolizam biljaka jer se nalazi u sastavu mnogih enzima, također utječe i na aktivnost hidrogenaze i karbonske anhidraze, stabilizaciju ribosomalnih frakcija i sintezu citokroma. Enzimi koji se aktiviraju cinkom uključeni su u mnoge bitne procese u biljci kao što je sinteza proteina i formiranje polena (Marschner, 1995.). Nedostatak cinka negativno utječe i na kvalitetu ploda te osjetljivost na različite abiotske i biotske čimbenike zbog utjecaja na kapacitet usvajanja vode (temperaturu, svjetlost, sušu i gljivične bolesti). U interakciji s fosfolipidima doprinosi održavanju stanične membrane (Cakmak, 2010.; Hafeez i sur., 2013.).

Akumulacija teških metala, odnosno Zn u biljci ovisi o biljnoj vrsti i sorti, svojstvima tla, pH vrijednosti, organskoj tvari, kationskom izmjenjivačkom kompleksu i dr. Glavni faktori koji utječu na akumulaciju Zn su biljna vrsta, pristupačni oblici Zn u tlu, omjer Cd:Zn, pH tla, sadržaj klorida u tlu, sadržaj Mn i Fe oksida, organske tvari, N i P gnojiva, plodosmjena i prethodni usjev (Chaney, 2010.).

Biljke prinosom iznose prosječno 100-400 g/ha Zn koji se i koristi folijarno u navedenim količinama. Iznimno, uslijed velikih nedostataka u tlu, može se aplicirati 10-20 kg/ha. Najznačajnija mikrognojiva cinka su: cinkov sulfat, cinkovi kelati i cinkov oksid. (Lončarić, 2015.). Kritična granica nedostatka cinka je 15-30 ppm u suhoj tvari lista zavisno o biljnoj vrsti. Nedostatak se manifestira kao međužilna kloroza listova, sitnolisnatost i rozetava forma mlađih listova. Suvišak cinka se javlja rijetko, samo na kiselim tlima i rudištima, a očituje se niskim rastom, sitnim listovima i smanjenim korijenom, tamno crvenim pjegama podjednako na mlađem i starijem lišću (Vukadinović i Lončarić, 1998.).

U regijama gdje se ljudska prehrana pretežno sastoji od žitarica dolazi do nedostatka mikronutrijenata (Wessells i Brown, 2012.). Procjenjuje se da je 17,3 % svjetske populacije u opasnosti zbog nedovoljnog unosa cinka, te da godišnje 433 000 djece mlađe od pet godina umire zbog nedostatka Zn (WHO, 2009.). Nedostatak cinka dovodi do gubitka apetita, smanjenja osjećaja mirisa i okusa, sporog zacjeljivanja rana, te pojave čireva. Optimalan unos cinka za čovjeka je 15 mg dnevno. Ipak prevelike koncentracije mogu uzrokovati niz zdravstvenih problema poput anemije, iritacije kože, mučnine, oštetiti gušteraču, poremetiti metabolizam proteina, te uzrokovati arteriosklerozu. Nerođena djeca i novorođenčad mogu biti izloženi cinku putem majčine krvi ili mlijeka. Okolišna izloženost cinkovom kloridu dovodi do respiratornih problema (Zimmermann, 2001.; Welch, 2002.).

Reaktivnost i bioraspoloživost selen u tlu ne ovisi samo o njegovom ukupnom sadržaju u tlu, već i o njegovom kemijskom obliku. Ovisno o stupnju oksidacije selen je u tlu prisutan kao selenid ( $\text{Se}^{2-}$ ), elementarni selen ( $\text{Se}^0$ ), selenit ( $\text{SeO}_3^{2-}$ ), selenat ( $\text{SeO}_4^{2-}$ ) i organski selen, a smatra se da je biljkama najpristupačnija vodotopiva frakcija. U različitim dijelovima svijeta zastupljenost selen u tlu varira ovisno o matičnom supstratu, klimatskim uvjetima i vegetacijskom pokrivaču. Prema Swaine (1955.) sadržaj selen u većini tala varira od 0,1 do 2  $\mu\text{g g}^{-1}$ .

Vulkanske stijene i metalni sulfidi, nastali vulkanskom aktivnošću, primarni su izvor selena u prirodi. Iako približno 50 minerala sadrži selen, on se pak najčešće javlja u sulfidima teških metala (Ag, Cu, Pb, Hg, Ni i dr.) u obliku selenida ili u kristalnoj rešetci minerala zamjenjuje sumporov ion (Adriano, 1986.). Lakin (1972.) navodi da prosječan sadržaj selena u Zemljinoj kori varira od 0,05 do 0,09  $\mu\text{g g}^{-1}$ .

Rosenfeld i Beath (1964.) iznijeli su podatak da su povećane količine selena pronađene na tlima formiranim raspadom škriljca, ponajviše u aridnim i semiaridnim područjima. Godine 1990. Kang iznosi kako je u Japanu, unatoč nešto višem ukupnom sadržaju selena u usporedbi s ustanovljenim sadržajem u drugim zemljama, koncentracija vodotopive frakcije selena niska zbog kisele reakcije tla i vlažne klime, te čini samo 2.3 – 3.85 % ukupnog sadržaja selena u tlu. McNeal i Balistreri (1989.) su zaključili da zbog niskih koncentracija željeza u tlu biljke budu podložnije upijanju teških metala iz tla tijekom svog rasta i razvoja. Sadržaj selena u tlu je vrlo promjenjiv, varira od 0,1  $\mu\text{g/g}$  do 2  $\mu\text{g/g}$  u većini tala, a najčešće se kreće od 0,2  $\mu\text{g/g}$  do 0,4  $\mu\text{g/g}$ .

Mobilnost i biorasploživost selena ovisi o velikom broju biološko-fizikalno-kemijskim faktora, kao što su pH i redoks uvjeti, kemijski oblik selena, tekstura tla, sadržaj organske tvari te prisutnost kompetitivnih iona (Fordyce, 2013.).

Čuvarđić (2003.) otkriva kako se toksične razine selena u Europi zapažaju na nekoliko lokacija u Walesu i Irskoj, deficit u Engleskoj i Škotskoj, suboptimalne doze u sjevernim dijelovima Europe, niske koncentracije u Poljskoj, Mađarskoj i Srbiji, dok je u Kini registriran značajan deficit selena, povezan s Keshanskom bolesti, koja se uglavnom javlja kod djece. U Kanadi, Južnoj Americi i Indiji sadržaj selena u biljkama nije stabilan, kreće se od deficitarnih do toksičnih razina, ovisno o dijelu zemlje u kojemu su istraživanja provedena.

Vulkani su glavni izvor selena u okoliš, vulkanske erupcije tijekom povijesti Zemlje su stvorile 0,1 g Se  $\text{cm}^{-2}$  zemljine površine. Pepeo i plin mogu sadržavati visoke količine selena. Vrijednosti 6-15 mg Se  $\text{kg}^{-1}$  zabilježene su u vulkanskim tlima na Havajima (Saha i sur., 2017.). Suprotno tomu, do gubitka selena može doći zbog visokih temperatura tijekom vulkanskih aktivnosti, njegova koncentracija u magmatskim stijenama, kao što su bazalt, liparit (riolit) i granit, je uglavnom vrlo niska (Christophersen i sur., 2013.).

Niske koncentracije selena u tlima Hrvatske su istraživale Popijač i Prpić-Majić (2002.) i utvrdile rezultate istraživanja provedenog na tri tipa tla (semiglej, pseudoglej i hipoglej) u okolici Koprivnice. Rezultati su pokazali da se koncentracija selena kreće od 145 do 333  $\mu\text{g Se kg}^{-1}$ . Analiza kovarijance pokazuje da koncentracija selena u tlu i pH u KCl-u utječu na koncentraciju selena u zrnu pšenice. Nakon što je analiza ponovljena uzimajući kao kovarijate selen u tlu i pH u KCl-u, utvrđeno je da sadržaj selena u zrnu pšenice značajno mijenja zbog različitih tipova tla. Prema Gavrilović i Matešić (1982.) koncentracija selena u poljoprivrednim tlima u Požeškoj kotlini je vrlo niska, a kreće se u rasponu od 20 do 48  $\mu\text{g kg}^{-1}$ . Zbog niskog sadržaja selena u tlu su niske i koncentracije selena u pšenici i kukuruzu proizvedenih na tim površinama. Na temelju trogodišnjeg istraživanja Antunović i sur. (2010.) utvrđen je deficit selena na četiri od ukupno šest lokaliteta u Slavoniji. U drugoj je godini zabilježen deficit selena na području Valpova i Đakova (0.18 i 0.14  $\text{mg kg}^{-1}$ ), u trećoj na području Slatine i Donjeg Miholjca (0.10 i 0.07  $\text{mg kg}^{-1}$ ). Adekvatan sadržaj selena u tlu zabilježen samo u prvoj godini istraživanja na lokalitetima u Vinkovcima i Belom Manastiru (0.98 i 0.71  $\text{mg kg}^{-1}$ ). Antunović i sur. (2005.) također navode da srednja vrijednost selena u tlima s područja Međimurja, Podravine i Slavonije iznosi 0,180  $\text{mg kg}^{-1}$  tla.

Prema Lončarić (2015.) izvori elemenata u tragovima u agroekološkom sustavu su prirodni (matični supstrat tla, vulkanske erupcije, šumski požari) ili antropogeni (urbanizacija, promet, poljoprivreda, proizvodnja energije i goriva, rudarstvo, metalurgija i industrija, vojne aktivnosti te recikliranje). Poljoprivredni izvori elemenata u tragovima su pesticidi, gnojidba mineralnim i organskim gnojivima, kondicioniranje tla, navodnjavanje i fertigacija.

Poljoprivreda i industrija se smatraju najvećim antropogenim izvorima selena neposredno u tlo ili posredno emisijom u atmosferu. Poljoprivredne aktivnosti zbog kojih dolazi do povećanja koncentracije selena u tlu su: navodnjavanje, aplikacija fosfatnih gnojiva, kanalizacijski mulj te stajski gnoj. Navodnjavanje povećava koncentraciju selena u okolišu jer otapa i ispire selen vezan na minerale tla ili direktno povećava koncentraciju u tlu ako je korištena voda obogaćena selenom (Saha i sur., 2017.).

Prema Shankeru (2006.) selen je esencijalan element za biljke, ali ako se nakuplja u većim količinama može biti toksičan. Koncentracija selena u biljkama ovisi o koncentraciji bioraspoloživog selena u tlu. Tako pšenica koja je proizvedena u Sjevernoj ili Južnoj Dakoti u SAD-u sadržava  $>2 \text{ mg Se kg}^{-1}$ , u Novom Zelandu 0,11  $\text{mg Se kg}^{-1}$ , a na tlima siromašnim selenom u Kini samo 0,005  $\text{mg Se kg}^{-1}$  (Combs i Combs, 1986.).

Iako selen nije esencijalan za biljke, one ga usvajaju i ugrađuju u svoje aminokiseline i proteine (Shrift, 1973.). Biljke koje ne nakupljaju selen sadrže manje od 25, dok biljke koje ga pojačano usvajaju nakupljaju i do 30 000  $\mu\text{g Se g}^{-1}$  suhe tvari (Gumze, 2012.).

Sposobnost nekih biljnih vrsta da akumuliraju i transformiraju selen u bioaktivne komponente ima velike implikacije na okoliš, ljudski prehranu i zdravlje (Ellis i Salt, 2004.). Baker i Brooks (1989.) definirali su hiperakumulaciju kao sposobnost određenih biljaka da akumuliraju neuobičajeno visoke koncentracije metala i elemenata u tragovima, čak i iz niskih vanjskih koncentracija. Hiperakumulacija selena do sada je proučavana na biljnim vrstama iz porodica Asteraceae, Brassicaceae, Chenopodiaceae, Lecythidaceae, Fabaceae, Rubiaceae i Scrophulariaceae. Galeas (2007.) navodi da tipične koncentracije selena u hiperakumulatorima u polju mogu iznositi 1.000 – 10.000  $\text{mg kg}^{-1}$  suhe tvari, dok su u neakumulatorima koncentracije selena obično manje od 20  $\text{mg kg}^{-1}$ .

Lyons i sur. (2003.) navode kako su razine selena kojima se životinje i ljudi opskrbljuju konzumacijom određenih biljaka (biljnih proizvoda) često preniske za optimalno zdravlje. Deficit i suboptimalnost selena u ljudskoj se populaciji manifestiraju kroz povećanje disfunkcije štitnjače, rak, ozbiljna virusna oboljenja, kardiovaskularne bolesti, te različita upalna stanja, a s takvim se oboljenjima susreće najmanje milijarda ljudi. Prema njihovu istraživanju procjenjuje se da se konzumacijom pšenice zadovoljava približno polovina potrebe za selenom kod većine stanovnika Australije. S obzirom na prethodno navedeno Lyons i sur. (2003.) zaključuju da povećanje sadržaja selena u pšenici predstavlja pristup u sustavu prehrane kojim će se povećati unos selena u ljudskoj populaciji, što bi moglo rezultirati poboljšanjem javnog zdravlja i velikim uštedama u zdravstvu.

Yu i sur. (1999.) istraživali su razine selena u plazmi i utjecaj na rizik od hepatocelularnog karcinoma (HCC) među muškarcima zaraženim kroničnim virusom hepatitisa. Nije zabilježena statistički značajna razlika u razinama selena s obzirom na dob, stupanj obrazovanja, pušenje, konzumaciju alkohola, doba godine u koje je uzorak krvi uziman i broj godina koji je prošao od prikupljanja uzoraka krvi. Međutim, razine selena blago su se snižavale s godinama i bile su niže kod pušača i ispitanika koji su konzumirali alkohol. Srednja vrijednost selena u plazmi u kontrolama iznosila je približno 140  $\mu\text{g/l}$ , što ukazuje da unos selena prehranom kod ove skupine ispitanika nije bio nizak. Autori zaključuju da su potrebna daljnja istraživanja efikasnosti kombinacije selena s drugim nutrijentima u svrhu prevencije HCC-a u slučajevima kroničnog hepatitisa B i/ili C.



### 3. MATERIJALI I METODE

#### 3.1. Postavljanje laboratorijskog izvedbenog pokusa

Pokus je postavljen u laboratoriju Zavoda za agroekologiju pri čemu je sjeme salate posijano u tri različita supstrata u četiri ponavljanja u stiroporne kontejnere sa 40 mjesta. Kao kontrolni supstrat korišten je komercijalni supstrat za uzgoj presadnica povrća Klasman Potgrond H, dok su kao alternativni supstrati za uzgoj presadnica korišteni supstrati Organska zemlja i Konjski peletirani stajnjak.

Drugi dio pokusa sastojao se od unošenja otopine cinka u navedene supstrate kako bi se povećala koncentracija cinka u supstratu. Cink je dodan u količini od 2 g Zn u obliku  $ZnSO_4$ , a selen u količini 10 g Se kao otopina čistog selena. Otopina se zatim ručnom prskalicom dodala u supstrate te ručno umiješala u supstrat koji se nalazio u plastičnoj posudi. Nakon izvršene homogenizacije supstrata pristupilo se punjenju stiropornih kontejnera za uzgoj presadnica, te je posijano sjeme salate.

Isto tako, u okviru laboratorijskih istraživanja provedene su kemijske analize uzoraka supstrata na početku sjetve, te kemijske analize presadnica salate.



Slika 1. Presadnice salate u Organskoj zemlji (izvor: Ana Jukić, 2018.)

### 3.2. Kemijske analize supstrata

Laboratorijskim istraživanjem provedena je analiza slijedećih kemijskih svojstava supstrata:

1. pH reakcija
2. električni konduktivitet (EC)
3. sadržaj organskog ugljika
4. sadržaj ukupnog dušika
5. C/N odnos
6. sadržaj fosfora i kalija
7. koncentracija Zn i Se

U radu je za koncentraciju (udio) u suhoj ili svježoj tvari korišten izraz sadržaj, koji se uobičajeno koristi u literaturi.

#### 3.2.1 *pH reakcija*

pH reakcija određena je na svježem uzorku prema načelu ekstrakcije uzorka supstrata vodom pri temperaturi  $22 \pm 3^\circ\text{C}$  u odnosu 1:5 (1 V uzorka + 5 V vode). Odvagana je masa uzorka ekvivalentna volumenu uzorka od 60 ml i prenesena u bočicu za mućkanje (volumena 400 ml) te prelivena sa 300 ml deionizirane vode. Tako pripremljeni uzorci stavljeni su na mućkanje 1 sat. Mjerenje kalibriranim pH metrom vršeno je u uzorku tijekom taloženja suspenzije. Rezultati mjerenja izraženi su u pH jedinicama (EN13037:1999).

#### 3.2.2 *Električni konduktivitet (EC)*

Električni konduktivitet određen je na svježem uzorku prema načelu ekstrakcije uzorka supstrata vodom pri temperaturi  $22 \pm 3^\circ\text{C}$  u odnosu 1:5 (1 V uzorka + 5 V vode) radi otapanja elektrolita.

Odvagana je masa uzorka ekvivalentna volumenu uzorka od 60 ml i prenesena u bočicu za mućkanje (volumena 400 ml) te prelivena sa 300 ml deionizirane vode. Tako pripremljeni uzorci stavljeni su na mućkanje 1 sat.

Mjerenje kalibriranim konduktometrom vršeno je u uzorku tijekom taloženja suspenzije. Rezultati mjerenja izraženi su u mS/cm pri 25 °C (EN13038).

### 3.2.3 Sadržaj organskog ugljika

Sadržaj ukupnog organskog ugljika u supstratu određen je bikromatnom metodom (HRN ISO14235:1994.) koja predstavlja mokro spaljivanje organske tvari supstrata kalijevim bikromatom. U 50 mg suhog uzorka dodano je 5 ml otopine  $K^2Cr_2O_7$  ( $c = 0.27 \text{ mol l}^{-1}$ ) i 7.5 ml koncentrirane  $H_2SO_4$ . Nakon polusatnog razaranja u sušioniku na 135°C uzorak je kvantitativno prenijet u odmjernu tikvicu od 100 ml. Ohlađen, nadopunjen i promućkan uzorak stoji jedan sat. Paralelno sa uzorcima pravi se i slijepa proba za koju je korišten žareni kremenij pijesak. Koncentracija organskog ugljika u uzorcima određena je spektrofotometrijski na spektrofotometru Varian Cary 50. Metoda se kalibrira pomoću glukoze kao izvora organskog ugljika. Sadržaj organskog ugljika izračunat je po formuli:

$$OC [g \text{ kg}^{-1}] = \text{masa organskog C u uzorku (mg)} / \text{masa analiziranog uzorka (g)}$$

### 3.2.4 Sadržaj ukupnog dušika

Ukupni dušik određen je digestijom suhog i homegiziranog materijala u prikladnoj kivetu sa sumpornom kiselinom. U kivetu za spaljivanje, odvagano je 1 g uzorka kojem je dodana smjesa 10 ml koncentrirane  $H_2SO_4$ .

Uzorak se važe na papir (Weighing paper Macherey – Nagel), smota u tuljac i prenese u kivetu za spaljivanje. Paralelno s uzorcima pripremljena je i slijepa proba u kojoj je samo papir. Uzorci su pažljivo miješani do potpune homogenizacije i ostavljeni stajati preko noći. Nakon stajanja u uzorke je dodano 2,5 g smjese katalizatora (smjesa  $K_2SO_4$ ,  $Ti_2O$ ,  $CuSO_4$ ), a zatim su grijani na bloku za razaranja Kjeldigester K-437 na 360 °C do potpunog bistrenja. Kada se mješavina ohladila, kvantitativno je prenesena u odmjerne tikvice od 100 mL i nadopunjene destiliranom vodom do oznake (EN13654-1). 10 ml ove otopine destilirano je u smjesu 2 % borne kiseline i indikatora (mješavina metilcrvenog i bromkrezol zelenog otopljen u 95 % etilnom alkoholu). Titrira se sa  $0.01 \text{ mol l}^{-1} HCl$  ili  $0.005 \text{ mol l}^{-1} H_2SO_4$  do prelaska zelene u ružičastu boju. 1 ml kiseline za titraciju odgovara 0.14 mg  $NH_4 -N$ . Ukupni dušik izražava se u g N  $kg^{-1}$  suhe tvari.

### 3.2.5 C/N odnos

C/N odnos dobiven je matematički iz odnosa ukupnog organskog ugljika i ukupnog dušika. Obje su veličine izražene u odnosu na suhu tvar.

$$C/N = OC (\%) \div \text{ukupni N} (\%)$$

### 3.2.6 Sadržaj fosfora i kalija

Fosfor i kalij određeni su iz osnovne otopine dobivene digestijom pepela klorovodičnom kiselinom. Pepeo se nakon žarenja kvantitativno prenese s 20 ml 1 mol l<sup>-1</sup> HCl u Erlenmayer tikvicu i uz povratno hlađenje digerira 30 min na vreloj vodi. Suspenzija se filtrira u odmjernu tikvicu od 1000 ml. Tako pripremljena matična otopina, koja sadrži 2 mg suhe tvari organskog gnoja ml<sup>-1</sup>, koristi se za određivanje koncentracije fosfora, kalija, kalcija i magnezija.

Koncentracija ukupnog P utvrđena je spektrofotometrijskom fosfor-vanadomolibdenskom metodom. 10 ml matične otopine odpipetirano je u odmjernu tikvicu od 50 ml, dodano je 10 ml nitrovanadomolibdenskog reagensa i nakon jednog sata, na spektrofotometru Buck 100 VIS, izmjeren je eBuck 100 VIS intenzitet žute boje. Rezultat se izražava kao g P kg<sup>-1</sup> suhe tvari (Vajnberger, 1966.)

K, Ca i Mg određeni su, iz matične otopine pepela na atomsko-apsorpcijskom spektrometrijom, na AAS PerkinElmer Analyst200.

### 3.2.7 Sadržaj cinka i selena u supstratima

Uzorci supstrata za ovo istraživanje su razoreni zlatotopkom koja omogućuje vrlo precizne rezultate ukupnih koncentracija mikroelemenata, teških metala i elemenata u tragovima. Prema propisanoj metodi (ISO, 1995b) uzorak tla se prenosi u teflonsku kivetu, prelijeva s 12 ml svježe pripremljene zlatotopke i odnosi u mikrovalnu pećnicu gdje se razara na propisanoj temperaturi. Nakon razaranja uzoraka ide filtracija suspenzija uzoraka u odmjerne tikvice od 100 ml. Odmjerne tikvice pune se deioniziranom vodom do mjerne oznake. Direktno u ekstraktima tla, tehnikom optičke emisijske spektrometrije na induktivno spregnutoj plazmi (ICP-OES) mjerene su koncentracije cinka koje su izražene u mg/kg tla dok su uzorci za mjerenje selena prošli prvo fazu redukcije te su nakon toga mjerene koncentracije selena i izražene u mg/kg tla.

Analiza supstrata provedena je u laboratoriju Zavoda za agroekologiju Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku.

### 3.3. Kemijske analize presadnica

Biljni materijal – presadnice salate uzorkovane su nakon pojave 5 lista nakon tri tjedna od sjetve, tj. sve biljke bile su uklonjene iz kontejnera, isprane destiliranom vodom od ostatka supstrata te osušene u sušioniku do konstantne mase.

Suha biljna tvar samljevena je u posebnom mlinu bez rezidua teških metala i razorena mokrim postupkom mikrovalnom tehnikom. Suhi uzorak biljne tvari u količini od 0,5 g je izvagan u teflonskoj posudi i preliven s 9 ml 65 %  $\text{HNO}_3$  i 2 ml 30 %  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Nakon provedbe digestije otopina je profiltrirana u odmjerne posude, te je određena koncentracija Zn i Se (nakon redukcije) uz pomoć ICP-OES tehnike te preračunate na mg/kg suhe tvari.

Analiza biljnog materijala provedena je u laboratoriju Zavoda za agroekologiju Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku.



Slika 2. Kontrole i tretirane presadnice salate u KP-H supstratu (izvor: Ana Jukić, 2018.)

### 3.4. Statistička analiza podataka

Rezultati su statistički analizirani uporabom programa SAS for Windows (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA). Statističke značajnosti utvrđene su testom ANOVA i korelacijama u programu Excel Windows.

## 4. REZULTATI

### 4.1. Kemijska svojstva supstrata

S ciljem utvrđivanja osnovnih kemijskih svojstava supstrata na početku proizvodnog ciklusa uzgoja presadnica povrća provedena su mjerenja sljedećih svojstava; pH reakcija supstrata, elektrokonduktivitet - pokazatelj sadržaja topivih soli (iona) u supstratu, sadržaj dušika i ugljika, ugljik/dušik odnos, sadržaj makroelemenata fosfora i kalija, te esencijalnih i toksičnih teških metala: Zn, Cu, Cd, Pb, Ni. Isto tako, utvrđen je i sadržaj seleno u supstratima.

#### 4.1.1. Osnovna svojstva supstrata i sadržaj makroelemenata

Laboratorijskim analizama u različitim vrstama supstrata utvrđena su osnovna kemijska svojstva.

Tablica 1. Osnovna svojstva korištenih supstrata

|                          | pH <sub>H2O</sub><br>1:5 | EC<br>mS/cm | ST<br>% | N<br>g/kgST | C<br>g/kgST | C/N   | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>% | K <sub>2</sub> O<br>% |
|--------------------------|--------------------------|-------------|---------|-------------|-------------|-------|------------------------------------|-----------------------|
| Klasman Potgrond-<br>H   | 5,5                      | 0,4         | 95      | 12,74       | 286         | 22    | 0,05                               | 0,17                  |
| Organska zemlja          | 6,5                      | 0,6         | 95      | 10,36       | 75          | 7,2   | 3,5                                | 3,2                   |
| Konjski pel.<br>stajnjak | 6,7                      | 0,4         | 85      | 2,4         | 26          | 12,12 | 3,0                                | 3,3                   |

U supstratu Klasman Potgrond H - kontrola utvrđeno je sljedeće:

- pH reakcija 5,5, konduktivitet (EC) 0,4 mS/cm, dok je sadržaj suhe tvari iznosio 95 %
- sadržaj ugljika iznpsio je 286 g/kg, dušika 12,74 g/kg što daje C/N odnos od 22:1
- utvrđeni sadržaj fosfora bio je 0,05 %, a kalija 0,17 % (tablica 1.).

U Organskoj zemlji utvrđena je:

- pH reakcija od 6,5, konduktivitet (EC) 0,6 mS/cm, dok je sadržaj suhe tvari iznosio 95 %
- sadržaj ugljika bio je 75 g/kg, dušika 10,36 g/kg što daje C/N odnos od 7,2:1

- utvrđeni sadržaj fosfora bio je 3,5 %, a kalija 3,2 % (tablica 1.).

U Konjskom peletiranom stajnjaku utvrđena je:

- pH reakcija od 6,7, konduktivitet (EC) 0,4 mS/cm, dok je sadržaj suhe tvari iznosio 85 %

- sadržaj ugljika iznosio je 26 g/kg ST, dušika 2,4 g/kg ST što daje C/N odnos od 12,12:1

- utvrđeni sadržaj fosfora bio je 3,00 %, a kalija 3,30 % (tablica 1.).

#### 4.1.2. Koncentracija mikroelemenata u supstratima

Osim osnovnih kemijskih svojstava u supstratima su utvrđene i koncentracije mikroelemenata, kako esencijalnih tako i toksičnih, iako nisu svi navedeni elementi bili predmet istraživanja. Isto tako, utvrđena je i koncentracija selena u supstratima kao beneficianog elemenata.

Tablica 2. Sadržaj esencijalnih i toksičnih metala u supstratima

|                              | Zn     | Se    | Cu    | Cd    | Pb    | Ni    |
|------------------------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                              | mg/kg  | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg | mg/kg |
| Klasman Potgrond H -kontrola | 71,30  | 0,2   | 16,7  | 0,06  | 21,11 | 6,98  |
| Organska zemlja              | 28,02  | 0,2   | 3,12  | <0,1  | <1    | 2,52  |
| Konjski peletirani stajnjak  | 170,00 | 0,8   | 8     | 0,65  | 12,40 | 16,10 |

Sadržaj esencijalnih i toksičnih teških metala izražen je kao ukupni sadržaj i iznosio je ovisno o supstratima:

Klasman Potgrond H –kontrola: Zn 71,3 mg/kg, Cu 16,7 mg/kg, Cd 0,06 mg/kg, Pb 21,11 mg/kg, Ni 6,98 mg/kg te Se 0,2 mg/kg (tablica 2.)

Organska zemlja: Zn 28,02 mg/kg, Cu 3,12 mg/kg, Cd <0,1 mg/kg, Pb <1, Ni 2,52 mg/kg te Se 0,2 mg/kg (tablica 2.)

Konjski peletirani stajnjak: Zn 170,00 mg/kg, Cu 80 mg/kg, Cd 0,65 mg/kg, Pb 12,40 mg/kg, Ni 16,10 mg/kg te Se 0,8 mg/kg (tablica 2.)

Statističkom analizom (ANOVA) utvrđenih koncentracija selena i cinka prikazan je utjecaj pojedinog supstrata na koncentraciju navedenih elemenata.

Tablica 3. Koncentracija cinka i selena u supstratima utvrđena ANOVA-om

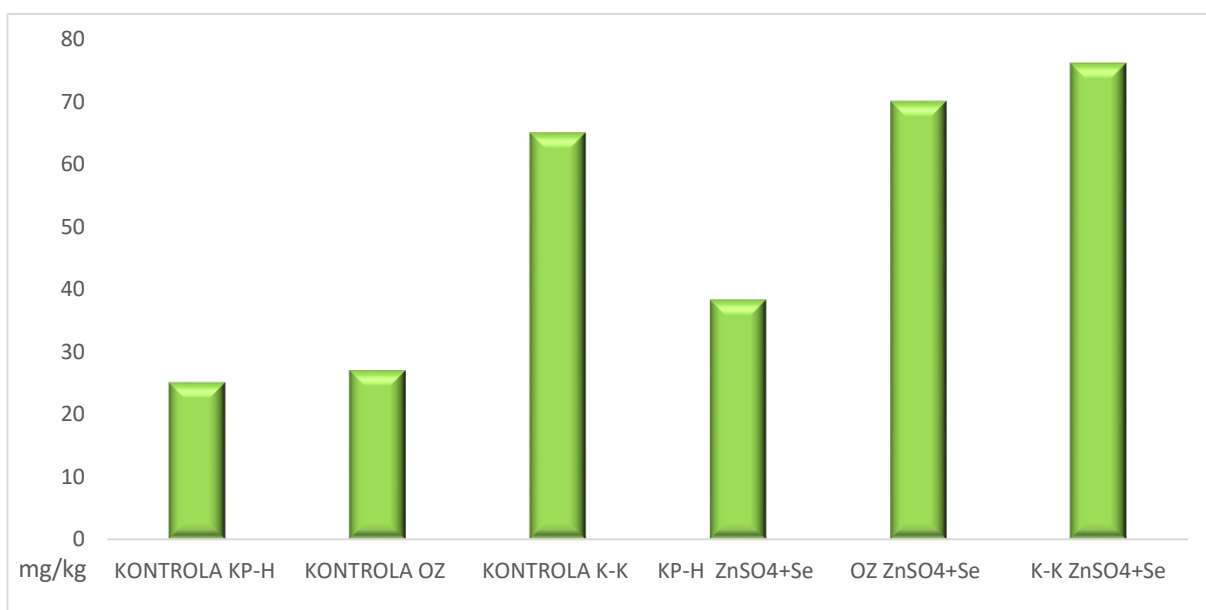
| Supstrat                    | Zn            | Se            |
|-----------------------------|---------------|---------------|
| Klasman Potgrond H          | 71,30 b       | 0,22 b        |
| Organska zemlja             | 28,02 c       | 0,22 b        |
| Konjski peletirani stajnjak | 170,00 a      | 0,80 a        |
| <b>LSD<sub>0,05</sub></b>   | <b>1,3734</b> | <b>0,0389</b> |
| <b>Prosjek</b>              | <b>89,77</b>  | <b>0,40</b>   |

<sup>a, b</sup> vrijednosti u stupcima koje sadrže istu slovnu oznaku ne razlikuju se statistički značajno

Tako je utvrđena statistički značajna razlika u koncentraciji cinka za sve ispitivane supstrate, dok je kod selena statistički značajna razlika utvrđena između konjskog peletiranog stajnjaka i ostala dva supstrata (tablica 3.)

#### 4.2. Sadržaj cinka i selena u presadnicama salate

Nakon tri tjedna i pojave petog lista kod presadnica salate pristupilo se berbi te je u osušenim uzorcima određena koncentracija selena i cinka.



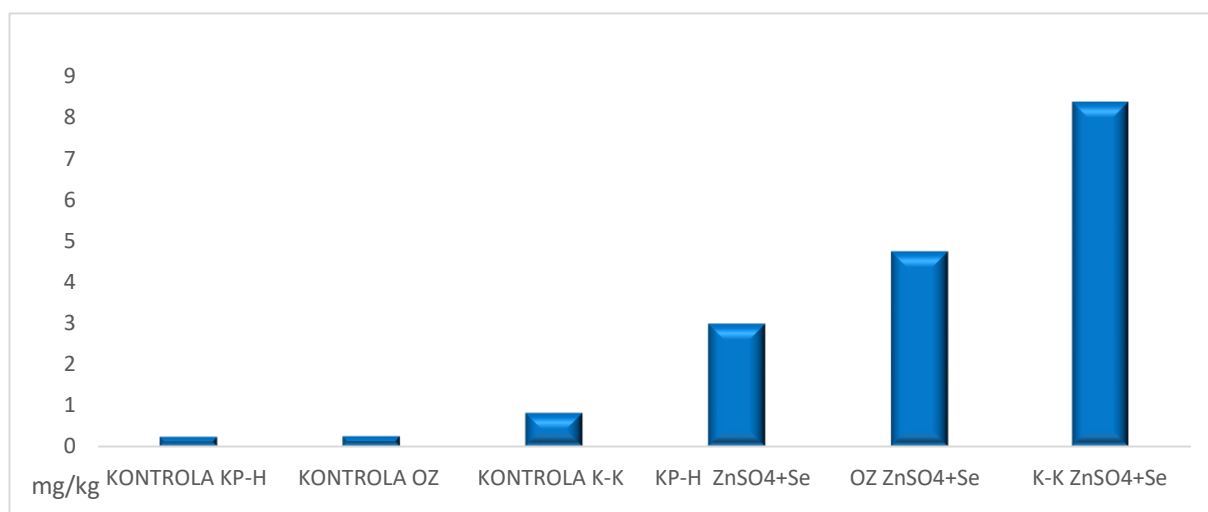


Grafikon 1. Sadržaj cinka u presadnicama salate

Tako je na tretmanu Klasman Potgrond - H- kontrola utvrđeno prosječno 25,07 mg/kg Zn ST, a u Klasman Potgrond - H + ZnSO<sub>4</sub> + Se 38,28 mg/kg Zn ST (grafikon 1.).

Na tretmanu Organska zemlja - kontrola utvrđeno je prosječno 27,03 mg/kg Zn ST, a u Organska zemlja + ZnSO<sub>4</sub> + Se 69,99 mg/kg Zn ST (grafikon 1.).

Na tretmanu Konjski peletirani stajnjak - kontrola utvrđeno je prosječno 64,99 mg/kg Zn ST, a u Konjski peletirani stajnjak + ZnSO<sub>4</sub> + Se 76,11 mg/kg Zn ST (grafikon 1.).



Grafikon 2. Sadržaj selena u presadnicama salate

Isto tako utvrđen je i sadržaj selena u presadnicama po tretmanima, pa je na tretmanu Klasman Potgrond - H - kontrola utvrđeno 0,23 mg/kg Se ST, a u tretmanu Klasman Potgrond - H + ZnSO<sub>4</sub> + Se 2,98 mg/kg Se ST (tablica 4., grafikon 2.).

Kod tretmana Organska zemlja - kontrola utvrđeno je prosječno 0,24 mg/kg Se ST, a u Organska zemlja + ZnSO<sub>4</sub> + Se 4,75 mg/kg Se ST (grafikon 2.).

Kod tretmana Konjski peletirani stajnjak - kontrola utvrđeno je prosječno 0,81 mg/kg Se ST, a u Konjski peletirani stajnjak + ZnSO<sub>4</sub> + Se 4,75 mg/kg Se ST (grafikon 2.).

Isto kao i kod rezultat supstrata dobiveni rezultat koncentracije cinka i selena u presadnicama analizirani su statističkom obradom analizom varijance radi utvrđivanja utjecaja tretmana na koncentraciju selena i cinka u presadnicama.

Tablica 4. Prosječna količina cinka i selena u presadnicama salate utvrđena ANOVA-om

| <b>Tretman</b>             | <b>Zn</b>     | <b>Se</b>    |
|----------------------------|---------------|--------------|
| Kontrola KP-H              | 25,072 d      | 0,2342 d     |
| Kontrola OZ                | 27,031 d      | 0,2432 d     |
| Kontrola K-K               | 64,999 b      | 0,8117 d     |
| KP-H ZnSO <sub>4</sub> +Se | 38,283 c      | 2,9896 c     |
| OZ ZnSO <sub>4</sub> +Se   | 69,995 ab     | 4,7501 b     |
| K-K ZnSO <sub>4</sub> +Se  | 76,114 a      | 8,3686 a     |
| <b>LSD<sub>0,05</sub></b>  | <b>8,1938</b> | <b>0,987</b> |
| <b>Prosjek</b>             | <b>50,249</b> | <b>2,899</b> |

<sup>a, b</sup> vrijednosti u stupcima koje sadrže istu slovnu oznaku ne razlikuju se statistički značajno

Tako nije utvrđena statistički značajna razlika za cink između presadnica uzgajanih u Konjskom peletiranom stajnjaku ZnSO<sub>4</sub>+Se i Organskoj zemlji ZnSO<sub>4</sub>+Se te kod presadnica uzgajanih u supstratu Klasman Potgrond - H kontrola i Organska zemlja kontrola. Najviša statistička razlika uočena je kod presadnica uzgajanih u Konjskom peletiranom stajnjaku ZnSO<sub>4</sub>+Se, a najniža kod presadnica u supstratu Klasman Potgrond - H kontrola (tablica 4.).

Statističkom analizom podataka (ANOVA) nije utvrđena značajna razlika za selena za sve tri kontrole. Najviša statistička razlika utvrđena je za presadnice u Konjskom peletiranom stajnjaku ZnSO<sub>4</sub>+Se, a najniža statistička razlika utvrđena je za presadnice uzgajane u supstratu Klasman Potgrond - H kontrola (tablica 4.).

### 4.3. Koeficijent akumulacije cinka i selena

Koeficijent akumulacije cinka i selena iz supstrata u presadnice dobiven je po formuli:

$$Ka=Cm/Cs$$

pri čemu je Cm utvrđena koncentracija teškog metala u listu salate, a Cs utvrđena koncentracija teških metala u supstratu.

Tablica 5. Koeficijent akumulacije cinka u presadnice salate

|                         | Klasman<br>Potgrond-H | Organska<br>zemlja | Konjski peletirani<br>stajnjak |
|-------------------------|-----------------------|--------------------|--------------------------------|
| Zn mg/kg (Cm)           | 71,3                  | 28,02              | 170                            |
| Zn kontrola (Cs1)       | 25,07                 | 27,03              | 64,998                         |
| Zn tretirano (Cs2)      | 38,28                 | 69,99              | 76,113                         |
| Koef. Akumulacije (Ka1) | 0,351                 | 0,96               | 0,38                           |
| Koef. Akumulacije (Ka2) | 0,53                  | 2,49               | 0,44                           |

Prosječno najviši koeficijent akumulacije cinka kod presadnica salate uzgojenih na supstratu utvrđen je na supstratu Organska zemlja - tretirano u iznosu 2,49. Dalje su se koeficijenti akumulacije cinka kretali u nizu: 0,96 (Organska zemlja - kontrola) > 0,53 (Klasman Potgrond-H - tretirano) > 0,44 (Konjski peletirani stajnjak - tretirano) > 0,38 (Konjski peletirani stajnjak - kontrola) > 0,35 (Klasman Potgrond-H - kontrola) (tablica 5.).

Tablica 6. Koeficijent akumulacije selena u presadnice salate

|                         | Klasman<br>Potgrond H | Organska<br>zemlja | Konjski peletirani<br>stajnjak |
|-------------------------|-----------------------|--------------------|--------------------------------|
| Se mg/kg (Cm)           | 71,3                  | 28,02              | 170                            |
| Se kontrola (Cs1)       | 0,23                  | 0,24               | 0,811                          |
| Se tretirano (Cs2)      | 2,98                  | 4,750              | 8,36                           |
| Koef. Akumulacije (Ka1) | 1,17                  | 1,21               | 1,01                           |
| Koef. Akumulacije (Ka2) | 14,94                 | 23,75              | 10,46                          |

Prosječno najviši koeficijent akumulacije selena kod presadnica salate uzgojenih na supstratu utvrđen je na supstratu Organska zemlja tretirano u iznosu 28,75. Dalje su se koeficijenti akumulacije selena kretali u nizu: 14,94 (Klasman Potgrond - H - tretirano) > 10,46 (Konjski peletirani stajnjak - tretirano) > 1,21 (Organska zemlja - kontrola) > 1,17 (Klasman Potgrond-H - kontrola) > 1,01 (Konjski peletirani stajnjak - kontrola) (tablica 7.).

## 5. RASPRAVA

### 5.1. Kemijska svojstva supstrata

Prema Parađiković (2009.) idealni pH za proizvodnju salate iznosi  $\text{pH} = 6,2 - 7,4$ . Prema Fidanzi i sur. (1997.) ustanovljeni C/N odnos različitim vrstama supstrata kreće se od minimalno 10:1 do maksimalno 200:1, a idealni je 13:1 do 25:1. Prosječni sadržaj dušika u supstratima u prosjeku iznosi 1,12 % (mokro stanje) i 2,65 % (suho stanje), ugljika od minimalno 10,60 % do maksimalno 18,80 %, fosfora 0,29 % (mokro stanje) i 0,69 % (suho stanje) i kalija od minimalno 0,8 % do maksimalno 1,3 %. Prosječna količina željeza se kreće od minimalno 0,04% do maksimalno 0,57 % i cinka od minimalno <0,01 do maksimalno 0,01 %.

Prema rezultatima laboratorijskih mjerenja pH analiziranih supstrata kretao se od najmanjeg  $\text{pH}=5,5$  do  $\text{pH}=6,7$  pri čemu je pH vrijednost Konjskog peletiranog supstrata i Organske zemlje bila odgovarajuća pH vrijednosti za uzgoj salate po Parađiković (2009).

Elektrokonduktivitet (EC) pokazatelj je sadržaja topivih soli u supstratu i mijenja se ovisno o količini i vrsti iona u otopini. EC se prema rezultatima laboratorijskih mjerenja kretao od 0,4 mS/cm u Klasman Potgrond H i Konjskom peletiranom stajnjaku do 0,6 mS/cm u Organskoj zemlji.

Najniža vrijednost suhe tvari izmjerena je u supstratu Konjski peletirani stajnjak u iznosu 85 % , dok je kod druga dva supstrata iznosila 95 %.

Sadržaj dušika bio je najniži kod Konjskog peletiranog stajnjaka u iznosu od 2,4 g/kg ST. Kod Organske zemlje izmjerena je količina dušika 10,36 g/kg ST, a kod Klasman Potgrond H supstrata 12,74 g/kg ST.

Sadržaj ugljika bio je najniži kod Konjskog peletiranog stajnjaka u iznosu od 26 g/kg ST. Kod Organske zemlje izmjerena je količina ugljika 75 g/kg ST, a kod Klasman Potgrond H supstrata 286 g/kg ST.

Prema Vukadnović i sur. (1997.) omjer ugljika i dušika zavisi od fizičko-kemijskih svojstava tla pa je tako u kiselim tlima uobičajeno širi prema neutralnim i lužnatim tlima. C/N odnos dobiven je matematički iz odnosa ukupnog organskog ugljika i ukupnog dušika. Obje su veličine izražene u odnosu na suhu tvar:  $\text{C/N} = \text{OC} (\%) \div \text{ukupni N} (\%)$

Izmjereni C/N odnos u Organskoj zemlji bio je 7,2:1. Kada je riječ o Konjskom peletiranom stajnjaku dobiven je omjer 12,12:1, a u supstratu Klasman Potgrond - H 22:1.

Sadržaj fosfora bio je jako nizak u Klasman Potgrond H supstratu u iznosu 0,05 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> %, u Konjskom peletiranom stajnjaku postotak fosfora bio je 3,0 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Nešto viši postotak fosfora izmjeren je u Organskoj zemlji 3,5 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

U Klasman Potgrond H supstratu je laboratorijskim analizama utvrđen kalij u iznosu 0,17 %K<sub>2</sub>O. Konjskom peletiranom stajnjaku postotak kalija bio je 3,3 % K<sub>2</sub>O. Nešto niži postotak izmjeren je u Organskoj zemlji 3,2% K<sub>2</sub>O.

Dobiveni rezultati vrlo su širokog raspona te neki od njih višestruko prelaze vrijednosti utvrđene istraživanjima Fidanze i sur.(1997).

Osim navedenih kemijskih elemenata deklarirane su vrijednosti esencijalnih i toksičnih metala: cinka, selena, bakra, kadmija, olova i nikala u mg/kg. Ukupni sadržaj esencijalnih i toksičnih teških metala imao je različit ukupan sadržaj ovisno o supstratima. Tako je u Organskoj zemlji izmjerena količina cinka iznosila 28,02 mg/kg, u Klasman Potgrond H 71,3 mg/kg, dok je u Konjskom peletiranom stajnjaku izmjerena količina 170 mg/kg. Kada je riječ o selenu njegova vrijednost bila je jednaka u Klasman Potgrond H i Organskoj zemlji u iznosu od 0,2 mg/kg, dok je kod Konjskog peletiranom stajnjaka iznosila 0,8 mg/kg.

Sve navedene koncentracije bile su ispod maksimalno dopuštenih koncentracija propisanih Pravilnikom o zaštiti od onečišćenja poljoprivrednog zemljišta NN 9/2014 osim koncentracije cinka u Konjskom peletiranomstajnjaku (170 mg/kg: 150 mg/kg) što je vjerojatno posljedica načina ishrane i uzgoja stoke od koje potiče supstrat.

## **5.2. Sadržaj cinka i selena u presadnicama**

Prilikom istraživanja analizirane su koncentracije cinka i selena u presadnice salate.

Kada je riječ o tretmanima, u sva tri supstrata je predstetveno dodana jednaka količina otopine obogaćena ZnSO<sub>4</sub> (2 g Zn) + Se (10 g) kako bi se u samom suspratu povećala koncentracija cinka i selena i utvrdila njihova translokacija unutar presadnica.

Ovim istraživanjem se željelo utvrditi može li se predstavljenim dodavanjem cinka i selena povećati koncentracija ta dva elementa u samoj biljci i njihova translokacija u jestivi dio biljke, tj. njezinu nadzemnu masu.

Laboratorijskom analizom uočena je znatno veća količina usvojenog cinka i selena u presadnicama uzgojenim u tretiranim supstratima u odnosu na njihove kontrole.

Najveća količina usvojenog cinka bila je u presadnicama uzgojenim u tretiranom Konjskom peletiranom stajnjaku u iznosu od 76,11 mg/kg ST. Tako velika količina usvojenog cinka vjerojatno je posljedica toga što je u samom supstratu prije obogaćivanja cinkom i selenom bila 2,38 puta veća količina cinka u odnosu na Klasman Potgrond - H supstrat, a u odnosu na Organsku zemlju 6,06 puta veća količina cinka.

Gledajući usvajanje cinka kod tretmana u odnosu na njihove kontrole uočeno je najveće usvajanje cinka i njegova translokacija kod presadnica uzgojenih u supstratu Organska zemlja. Tako je u tretmanu Organska zemlja usvojeno 2,58 puta više cinka u odnosu na kontrolu.

U presadnicama uzgajanim u Klasman Potgrond - H supstratu usvojeno je i translocirano 1,41 puta više cinka u tretiranom supstratu u odnosu na kontrolu.

Najmanja razlika u količini usvojenog cinka uspoređujući kontrolu i tretman bila je kod Konjskog peletiranog supstrata. Tako su presadnice u tretiranom supstratu usvojile 1,17 puta veću količinu cinka u odnosu na presadnice uzgajane u kontroli. Mogući uzrok jako slabog usvajanja cinka kod biljaka uzgojnih i u kontroli i u tretmanu u Konjskom peletiranom supstratu je jako velika količina kadmija koji je antagonist cinku. Prema Tudoreanu i Phillipsu (2004.) porast koncentracije kadmija u tlu može utjecati na snižavanje pristupačnosti pojedinih metala iz tla kao i na smanjenje brojnosti populacija mikroorganizama tla. Takvim djelovanjem kadmij može utjecati na snižavanje usvajanja cinka u korijen, što nije primjer direktne kompeticije kadmija i cinka, već je sniženo usvajanje cinka posljedica stvaranja nepovoljnih uvjeta za usvajanje cinka.

Kada je u pitanju usvajanje selena, gledajući tablicu 4. uočeno je najveće usvajanje selena u Konjskom peletiranom stajnjaku kod presadnica uzgojenih u tretmanu u odnosu na druga dva supstrata.

Sama količina selena u Konjskom peletiranom supstratu prije sjetve bila je 4 puta veća od količine selena u Klasman Potgrond H supstratu i Organskoj zemlji što je razlog veće količine usvojenog selena kod presadnica uzgajanih u Konjskom peletiranom supstratu u odnosu na presadnice uzgojene u druga dva supstrata.

Uspoređujući presadnice uzgojene u kontroli u Klasman Potgrond - H supstratu i Organskoj zemlji u tablici 4. vidljivo je da gotovo jednaka količina usvojenog cinka u obje kontrole, ali je zato kod tretmana Organska zemlja usvojeno 1,58 puta više selena u odnosu na presadnice uzgojene u Klasman Potgrond - H supstratu.

Također, kada je u pitanju usvajanje selena uočene su mnogosturko veće količine usvojenog selena u svim tretmanima u odnosu na njihove kontrole. Tako je u tretmanu Organska zemlja usvojeno i translocirano u presadnice 19,79 puta više selena nego u presadnice uzgajane u kontroli u istom supstratu. U Klasman Potgrond - H supstratu tretirane presadnice su usvojile 12,76 puta više selena u odnosu na kontrolu, a u Konjskom peletiranom stajnjaku 10,31 puta više selena u tretmanu u odnosu na presadnice uzgojene u kontroli.

### **5.3. Koeficijent akumulacije cinka i selena u presadnicama**

U sklopu istraživanja izračunati su koeficijenti akumulacije za cink i selen s obzirom na presadnice salate ubrane na tri različita supstrata: Klasman Potgrond - H, Organska zemlja i Konjski peletirani stajnjak. Koeficijent akumulacije cinka i selena iz supstrata u presadnice dobiven je po formuli:  $Ka = C_m / C_s$  pri čemu je  $C_m$  utvrđena koncentracija teškog metala u listu salate, a  $C_s$  utvrđena koncentracija teških metala u supstratu.

Najviši stupanj akumulacije cinka u presadnicama salate bio je u presadnicama uzgojenim u tretiranoj Organskoj zemlji. U odnosu na druga dva tretmana, u ovom supstratu je koeficijent akumulacije cinka bio 4,65 puta veći u odnosu na tretman u Klasman Potgrond – H supstratu, tj. 5,57 puta više u odnosu na presadnice uzgojene u Konjskom peletiranom stajnjaku.

Gledajući kontrole, također najviši koeficijent akumulacije cinka u presadnice salate bio je u supstratu Organska zemlja u iznosu 0,9647. U odnosu na druge dvije kontrole, to bi značilo da su presadnice salate uzgojene u Organskoj zemlji akumulirale 2,52 puta više cinka u odnosu na presadnice uzgojene u Konjskom peletiranom stajnjaku i 2,73 puta više cinka u odnosu na presadnice uzgojene u Klasman Potgrond – H supstratu.



U tretiranoj Organskoj zemlji presadnice su akumulirale 2,58 puta više cinka nego presadnice u kontroli istog susprata. Kada je riječ o presadnicama uzgojenim u Klasman Potgrond – H supstratu, presadnice uzgojene u tretiranom supstratu akumulirale su 1,52 puta više cinka u odnosu na presadnice uzgojene u kontroli. Presadnice uzgojene u Konjskom peletiranom stajnjaku akumulirale su 1,17 puta više cinka u odnosu na presadnice uzgojene u kontroli u istom supstratu.

Najviši stupanj akumulacije selena u presadnicama salate bio je u presadnicama uzgojenim u tretiranoj Organskoj zemlji. U odnosu na druga dva tretmana, u ovom supstratu je koeficijent akumulacije selena bio 1,58 puta veći u odnosu na tretman u Klasman Potgrond – H suspratu, tj. 2,27 puta više u odnosu na presadnice uzgojene u Konjskom peletiranom stajnjaku.

Gledajući kontrole, također najviši koeficijent akumulacije selena u presadnice salate bio je u supstratu Organska zemlja u iznosu 0,9647. U odnosu na druge dvije kontrole, to bi značilo da su presadnice salate uzgojene u Organskoj zemlji akumulirale 1,19 puta više cinka u odnosu na presadnice uzgojene u Konjskom peletiranom stajnjaku i 1,03 puta više cinka u odnosu na presadnice uzgojene u Klasman Potgrond – H supstratu.

U tretiranoj Organskoj zemlji presadnice su akumulirale 19,48 puta više selena nego presadnice u kontroli istog susprata. Kada je riječ o presadnicama uzgojenim u Klasman Potgrond – H supstratu, presadnice uzgojene u tretiranom supstratu akumulirale su 12,76 puta više cinka u odnosu na presadnice uzgojene u kontroli. Presadnice uzgojene u Konjskom peletiranom stajnjaku akumulirale su 10,30 puta više cinka u odnosu na presadnice uzgojene u kontroli u istom supstratu.

## 6. ZAKLJUČAK

Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi utjecaj različitih supstrata na uzgoj presadnica salate kao i na koncentraciju cinka i selen u presadnicama.

Iz dobivenih rezultata možemo zaključiti da porijeklo supstrata utječe na koncentraciju cinka i selen odnosno da je utvrđena različita koncentracija ovih elemenata ovisno o supstratu.

Nadalje supstrati su bili obogaćeni otopinom cinka i selen što je imalo direktan utjecaj na translokaciju kako cinka tako i selen u presadnice salate.

Najveća količina usvojenog cinka bila je u presadnicama uzgojenim u tretiranom Konjskom peletiranom stajnjaku u iznosu od 76,11 mg/kg ST.

Usvajanje cinka kod tretmana u odnosu na njihove kontrole uočeno je najveće usvajanje cinka i njegova translokacija kod presadnica uzgojenih u supstratu Organska zemlja gdje je usvojeno 2,58 puta više cinka u odnosu na kontrolu.

U presadnicama uzgajanim u Klasman Potgrond - H supstratu usvojeno je i translocirano 1,41 puta više cinka u tretiranom supstratu u odnosu na kontrolu.

Kod selen su uočene mnogosturko veće količine usvojenog selen u svim tretmanima u odnosu na njihove kontrole.

U tretmanu Organska zemlja usvojeno i translocirano u presadnicu 19,79 puta više selen nego u presadnice uzgajane u kontroli u istom supstratu.

U Klasman Potgrond - H supstratu tretirane presadnice su usvojile 12,76 puta više selen u odnosu na kontrolu, a u Konjskoj peletiranoj zemlji 10,31 puta više selen u tretmanu u odnosu na presadnice uzgojene u kontroli.

Prema rezultatima ovog istraživanja, aplikacija otopine cinka i selen u supstrate može dovesti do proizvodnje presadnica obogaćenih cinkom i selenom.

Ovaj postupak mogao bi biti prvi korak u proizvodnji biofortificirane salate.

## 7. POPIS LITERATURE

1. Adriano, D. C. (1986.): Trace elements in the terrestrial environment, Edited by Springer, New York, Inc., 391 – 420.
2. Antunović, Z., Steiner, Z., Steiner, Z., Šperanda, M., Domačinović, M., Karavidović, P. (2005): Content of selenium and cobalt in soil, plants and animals in Eastern Slavonia. Proceedings of XII International Conference Krmiva (p. 204), Opatija, Croatia.
3. Antunović, Z., Steiner, Z., Vegara, M., Šperanda, M., Steiner, Z., Novoselec, J. (2010): Content of selenium and cobalt in soil, plants and animals in Eastern Slavonia. Acta Veterinaria, 60(2-3): 263 – 271.
4. Baker, A.J.M., Brooks, R.R. (1989.): Terrestrial higher plants which accumulate metallic elements – a review of their distribution ecology and phytochemistry. Biorecovery, 3: 81 – 126.
5. Barber, S.,A. (1995.): Soil nutrient bioavailability, 2nd edn. New York, NY, USA: John Wiley & Sons, Inc.
6. Cakmak, I. (2009.) Biofortification of cereals with zinc iron through fertilization strategy. 19<sup>th</sup> World Congress of Soil Solutions for Changig World.
7. Chaney, R.L. (2010.): Cadmium and Zinc. U: Hooda P. S. (ur.): Trace Elements in Soils. A John Wiley and Sons, Ltd., Publication. United Kingdom. 409-439
8. Christophersen, O.A., Lyons, G., Haug, A., Steinnes, E. (2013.): Selenium. U: Alloway, B.J. (ur.) Heavy Metals in Soils. Springer, Dordrecht, 429-464.
9. Combs, G.F.Jr., Combs, S.B. (1986a): Selenium in the environment. Academic Press, New York.
10. Corre, W . J., Breimer, G. (1979): Nitrate and nitrite in vegetables, Wageningen
11. Čuvarđić, M.S. (2003.): Selenium in soil. Proceedings for Natural Sciences, Matica Srpska, Novi Sad, 104: 23 – 37.
12. Domitrović, R., Čedomila, M. (2000.): Biokemija cinka. Zavod za kemiju i biologiju, Medicinski fakultete Sveučilišta u Rijeci
13. Durman, P. i Čustić, M.(1990): Utjecaj gnojidbe dušikom na prinos i koncentraciju nitrata u salati uzgajanoj u stakleniku, Agronomski glasnik 361-368
14. Elis, D.R., Salt, D.E. (2004.): Plants, selenium and human health. Current Oppinion in Plant Biology, 273 – 279.
15. EN13037 (2011): Determination of pH.
16. EN13038 (2011): Determination of electrical conductivity.

17. EN13654-1 (2011): Determination of Kjeldahl Nitrogen in soil, biowaste and sewage sludge.
18. Galeas, M.L., Zhang L.H., Freeman J.L., Wegner, M., Pilon-Smits E.A. (2007.): Seasonal fluctuations of selenium and sulfur accumulation in selenium hyperaccumulators and related nonaccumulators. *The New Phytologist*, 173(3): 517 - 25.
19. Gavrilović, B., Matešić, D.(1986.): Importance of selenium quantity in soil and fodder in regard to some diseases occurring in cattle, pigs, sheep and poultry. In: Combs, G.F. Jr., Spallholz, J.E., Levander, O.A., Oldfield, J.E. (eds) , *Proc. 3rd Int. Symp. on Selenium in Biology and Medicine*, pp. 740 - 749. Avi. Publ. Co., Westport, CT, USA.
20. Hafeez, B., Khanif, Y.M., Saleem, M. (2013.): Role of zinc in plant nutrient - A review. *American journal of experimental Agriculture* 3(2):374-391
21. Halemić, J., Miko, S. (2009.): *Geokemijski atlas Republike Hrvatske*, Hrvatski geološki institut, Zagreb, 40-46
22. He, J., Zhu, C., Ren, Y., Jiang D. (2006.): Genotypic variation in grain cadmium concentration of lowland rice. *Journal of Plant Nutrition Soil Science* 169: 711-716
23. Kantoci, D. (2008.): Uzgoj povrća u zaštićenom prostoru, *Glasnik zaštite bilja* 3/2008 67-71
24. Lakin, H. W. (1972): *Geol. Soc. Am. Bull.*, 83: 181 – 190.
25. Lončarić, Z. (2015.): Esencijalni i štetni teški metali od polja do stola. U: Lončarić, Z. i Haman, D. (ur.) *Doprinos poljoprivrede čistom okolišu i zdravoj hrani*. Poljoprivredni fakultet Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Osijek, 517-540.
26. Lyons. G., Stangoulis, J., Graham, R. (2003.): High-selenium wheat: biofortification for a better health. *Nutrition Research Reviews*, 16: 45 – 6.
27. Lyons. G., Stangoulis, J., Graham, R. (2003.): High-selenium wheat: biofortification for a better health. *Nutrition Research Reviews*, 16: 45 – 60.
28. Maceljki, M., Cvjetković, B., Ostojić, Z., Igrc Barčić, J., Pagliarini, N., Oštrec, Lj., Barić, K., Čizmić, I.(2004.): *Štetočinje povrća*. Zrinski Čakovec
29. Marschner, H. (1995.): *Mineral nutrition of higher plants* (2nd ed.). London. Academic Press
30. Marschner, H. (1995.): *Mineral nutrition of higher plants* (2nd ed.). London. Academic Press.

31. McNeal, J. M., L. S. Balistrieri, 1989: Geochemistry and occurrence of selenium: an overview. In: Selenium in Agriculture and the Environment, Jacobs, L. W. (Ed.), SSSA Special Publication.
32. Parađiković, N. (2009.): Opće i specijalno povrćarstvo. Poljoprivredni fakultet u Osijeku
33. Popijač, V., Prpić-Majić, D. (2002.): Soil and wheat grain selenium content in the vicinity of Koprivnica (Croatia). *Arhiv za higijenu rada i toksikologiju*, 53(2): 125-133.
34. Pravilnik o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja. Narodne novine br.: 32. 12.03.2010
35. Rosenfeld, I., Bocheath, O. A. (1964.): Selenium: geobotany, biochemistry, toxicity and nutrition. Academic Press, New York, 411.
36. Saha, U., Fayiga, A., Sonon, L. (2017.): Selenium in the Soil-Plant Environment: A Review. *International Journal of Applied Agricultural Sciences*, 3(1):1-18.
37. Schulin, R., Johnson, A., Frossard, E. (2010.): Trace Element-Deficient Soils. U: Hooda, P.S. (ur.): Trace Elements in Soils. A John Wiley and Sons, Ltd., Publication, United Kingdom 175-197
38. Schulte, E. E. (1992.): Soil and applied zinc. Vol. 2528. University of Wisconsin – Extension.
39. Shanker, A. K., 2006: Countering UV-B stress in plants: does selenium have a role? *Plant and Soil* 282: 21–26.
40. Shrift, A. (1973.): Metabolism of selenium by plants and microorganisms. *Organic Selenium Compounds: Their Chemistry and Biology*. Edited by Klayman, D.L., Gunther, W.H., John Wiley and Sons, New York, pp. 763. – 814.
41. Swaine, D. J. (1955.): The trace element content of soils, *Bul. Soil Sci. Tech. Commun.*, 48.
42. Šperanda, M. (2013.): Teški metali esencijalni za životinje. Nastavni materijl za modul: Teški metali u antroposferi. Sveučilište J.J. Strossmayera, Poljoprivredni fakultet u Osijeku
43. Terry, N., Zayed, A.M., De Souza, M.P., Tarun, A.S. (2000.): Selenium in higher plants. *Annual Review in Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 51: 401- 32
44. Vukadinović, V., Lončarić, Z. (1997.): Ishrana bilja. Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku
45. Vukadinović, V., Lončarić, Z. (1998.): Ishrana bilja. Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku

46. Welch, R.M. (2002.): The impact of mineral nutrients in food crops on global human health. *Plant Soil*, 247:83-90
47. Welch, R.M. (2002.): The impact of mineral nutrients in food crops on global human health. *Plant Soil*, 247:83-90
48. Wessells, K. R., Brown, K. H. (2012.): Estimating the global prevalence of zinc deficiency: results based on zinc availability in national food supplies and the prevalence of stunting. *PloS One*, 7 (11).
49. Wilson, M. A., Burt, R., Indorante, S.J., Jenkins, A. B., Chiaretti, J.V., Ulmer, M. G., Scheyer, J. M. (2008.): Geochemistry in modern soil survey program. *Environ Monit Assess* 139; 151-171
50. Yu, MW., Horng, IS., Hsu, KH., Chiang, YC., Liaw, YF., Chen, CJ. (1999.): Plasma selenium levels and risk of hepatocellular carcinoma among men with chronic hepatitis virus infection. *American Journal of Epidemiology*, 150(4): 367 – 374.
51. Zimmermann, M. (2001.): *Micronutrients in Health and Disease*. Georg Thieme Verlag, Stuttgart.

## 8. SAŽETAK

Salata je jednogodišnja biljna vrsta, a javlja se u više varijeteta. Uglavnom je uzgajamo sadnjom iz presadnica u polje ili u zatvorenom prostoru. Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj porijekla supstrata na mogućnost uzgoja presadnica salate te njihov utjecaj na sadržaj selena i cinka u presadnicama salate. Nadalje, dopunski cilj je bio kako unošenje otopine cinka i selena u različite supstrate utječe na translokaciju cinka i selena u presadnice salate. Najveća količina usvojenog cinka bila je u presadnicama uzgojenim u tretiranom Konjskom peletiranom stajnjaku u iznosu od 76,11 mg/kg ST. Usvajanje cinka kod tretmana u odnosu na njihove kontrole uočeno je najveće usvajanje cinka i njegova translokacija kod presadnica uzgojenih u supstratu Organska zemlja gdje je usvojeno 2,58 puta više cinka u odnosu na kontrolu. Kod selena su uočene mnogosturko veće količine usvojenog selena u svim tretmanima u odnosu na njihove kontrole. U Klasman Potgrond - H supstratu tretirane presadnice su usvojile 12,76 puta više selena u odnosu na kontrolu, a u Konjskoj peletiranoj zemlji 10,31 puta više selena u tretmanu u odnosu na presadnice uzgojene u kontroli.

**Ključne riječi:** salata, supstrati, cink, selen, akumulacija

## 9. SUMMARY

Salad is a one-year plant species, and occurs in several varieties. Salad is mainly grown from seedlings in the field or indoors. The aim of the research was to determine the influence of the substrate origin on the possibility of cultivating lettuce seedlings and their influence on the content of selenium and zinc in lettuce leaves. Furthermore, the additional aim was to bring the zinc and selenium solution into different substrates affecting the translocation of zinc and selenium into salad young leaves. The highest amount of zinc was found in the leaves grown in treated pelleted horse substrate 76.11 mg / kg. The highest accumulation of zinc and its translocation in leaves was in treated Organic substrate where 2.58 times more zinc was accumulated than in control. A much higher amount of selenium in all treatments compared to their controls was in substrates treated with selenium solutions. In Klasman Potgrond-H substrate treated with selenium solutions coefficient of Se accumulation in young leaves was 12.76 times more compared to control.

**Keywords:** salad, substrates, zinc, selenium, accumulations



## 10. POPIS SLIKA

| Broj slike | Naziv slike   | Stranica |
|------------|---|----------|
| 1.         | Presadnice salate u Organskoj zemlji                      |          |
| 2.         | Presadnice salate u KP-H supstratu (kontrola i tretirano) |          |

## 11. POPIS TABLICA

| Broj tablice | Naziv tablice  | Broj stranice |
|--------------|--|---------------|
| 1.           | Osnovna svojstva korištenih supstrata                                    |               |
| 2.           | Sadržaj esencijalnih i toksičnih teških metala u supstratima             |               |
| 3.           | Koncentracija cinka i selen u supstratima utvrđena ANOVA-om              |               |
| 4.           | Prosječna količina cinka i selen u presadnicama salate utvrđena ANOVA-om |               |
| 5.           | Koeficijent akumulacije cinka u presadnice salate                        |               |
| 6.           | Koeficijent akumulacije cinka u presadnice salate                        |               |

## 12. POPIS GRAFIKONA

| Broj grafa | Naziv grafa                          | Broj stranice |
|------------|--------------------------------------|---------------|
| 1.         | Sadržaj cinka u presadnicama salate  |               |
| 2.         | Sadržaj selena u presadnicama salate |               |

## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek  
Sveučilišni diplomski studij Bilinogojstvo, smjer Povrćarstvo i cvjećarstvo

Diplomski rad

Utjecaj različitih supstrata obogaćenih otopinom cinka i selen na translokaciju cinka i selen u  
presadnice salate  
Ana Jukić

**Sažetak:** Salata je jednogodišnja biljna vrsta, a javlja se u više varijeteta. Uglavnom je uzgajamo sadnjom iz presadnica u polje ili u zatvorenom prostoru. Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj porijekla supstrata na mogućnost uzgoja presadnica salate te njihov utjecaj na sadržaj selen i cinka u presadnicama salate. Nadalje, dopunski cilj je bio kako unošenje otopine cinka i selen u različite supstrate utječe na translokaciju cinka i selen u presadnice salate. Najveća količina usvojenog cinka bila je u presadnicama uzgojenim u tretiranom Konjskom peletiranomstajnjaku u iznosu od 76,11 mg/kg ST. Usvajanje cinka kod tretmana u odnosu na njihove kontrole uočeno je najveće usvajanje cinka i njegova translokacija kod presadnica uzgojenih u supstratu Organska zemlja gdje je usvojeno 2,58 puta više cinka u odnosu na kontrolu. Kod selen su uočene mnogosturko veće količine usvojenog selen u svim tretmanima u odnosu na njihove kontrole. U Klasman Potgrond - H supstratu tretirane presadnice su usvojile 12,76 puta više selen u odnosu na kontrolu, a u Konjskoj peletiranoj zemlji 10,31 puta više selen u tretmanu u odnosu na presadnice uzgojene u kontroli.

**Rad je rađen pri:** Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek  
**Mentor:** izv. prof. dr. sc. Brigita Popović

**Broj stranica:** 39  
**Broj grafikona i slika:** 4  
**Broj tablica:** 6  
**Broj literaturnih navoda:** 51  
**Broj priloga:** -  
**Jezik izvornika:** hrvatski

**Ključne riječi:** salata, supstrati, cink, selen akumulacija  
**Datum obrane:**

### Stručno povjerenstvo za obranu:

1. izv. prof. dr. sc. Tomislav Vinković, predsjednik
2. izv. prof. dr. sc. Brigita Popović, mentor
3. doc. dr. sc. Vladimir Ivezić, član

**Rad je pohranjen:** Knjižnica Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Vladimira Preloga 1, Osijek.

## **BASIC DOCUMENTATION CARD**

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek**  
**Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek**  
**University Graduate Studies, Vegetable production**

**Graduatethesis**

Ana Jukić

**Abstract:** Salad is a one-year plant species, and occurs in several . Salad is mainly grown from seedlings to field or indoors. The aim of this search was to determine the influence of the substrate origin on the possibility of cultivating lettuce seedlings and their influence on the content of selenium and zinc in lettuce leaves. Furthermore, the additional aim was to bring the zinc and selenium solution in to different substrates affecting the translocation of zinc and selenium in to salad young leaves. The highest amount of zinc was found in the leaves grown in treated pelleted horse substrate 76.11 mg / kg. The highest accumulation of zinc and its translocation in leaves was treated Organic substrate where 2.58 times more zinc was accumulated than in control. A much higher amount of selenium in all treatments compared to their controls was in substrates treated with selenium solutions. In Klasman Potgrond-H substrate treated with selenium solutions coefficient of Se accumulation in young leaves was 12.76 times more compared to control.

**Thesis performed at:** Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek  
**Mentor:** izv.prof. dr. sc. Brigita Popović

**Number of pages:** 39

**Number of figures:** 4

**Number of tables:** 6

**Number of references:** 51

**Number of appendices:** -

**Original in:** Croatian

**Keywords:** salad, substrates, zinc, selenium, accumulations

**Thesis ended on date:**

**Reviewers:**

1. izv.prof.dr.sc. Tomislav Vinković, president

2. izv.prof.dr.sc. Brigita Popović, mentor

3. doc.dr.sc. Vladimir Ivezić, member

**Thesis deposited at:** Library, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Vladimira Preloga 1, Osijek