

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Goran Herman

Sveučilišni diplomski studij Povrćarstvo i cvjećarstvo

UTJECAJ RAZLIČITIH SUPSTRATA OBOGAĆENIH OTOPINOM CINKA NA
TRANSLOKACIJU CINKA U PRESADNICE ŠPINATA

Diplomski rad

Osijek, 2018.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Goran Herman

Sveučilišni diplomski studij Povrćarstvo i cvjećarstvo

UTJECAJ RAZLIČITIH SUPSTRATA OBOGAĆENIH OTOPINOM CINKA NA
TRANSLOKACIJU CINKA U PRESADNICE ŠPINATA

Diplomski rad

Osijek, 2018.

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Goran Herman

Sveučilišni diplomski studij Povrćarstvo i cvjećarstvo

UTJECAJ RAZLIČITIH SUPSTRATA OBOGAĆENIH OTOPINOM CINKA NA
TRANSLOKACIJU CINKA U PRESADNICE ŠPINATA

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
1.2. Cilj istraživanja	3
2. PREGLED LITERATURE	4
3. MATERIJAL I METODE.....	9
3.1. Postavljanje laboratorijskog gnojidbenog pokusa	9
3.2. Kemijske analize supstrata.....	9
3.2.1. <i>pH reakcija</i>	10
3.2.2. <i>Električni konduktivitet (EC)</i>	10
3.2.3. <i>Sadržaj organskog ugljika</i>	10
3.2.4. <i>Sadržaj ukupnog dušika</i>	10
3.2.5. <i>C/N odnos</i>	11
3.2.6. <i>Sadržaj fosfora i kalija</i>	11
3.2.7. <i>Sadržaj cinka u supstratima</i>	12
3.3. Kemijske analize presadnica	12
3.4. Statistička analiza podataka	12
4. REZULTATI.....	13
4.1. Kemijska svojstva supstrata.....	13
4.1.1. <i>Osnovna svojstva supstrata i sadržaj makroelementa</i>	13
4.1.2. <i>Koncentracija mikroelemenata u supstratima</i>	14
4.2. Koncentracija cinka u presadnicama špinata	16
4.3. Koeficijent akumulacije cinka	17
5. RASPRAVA.....	19
5.1. Kemijska svojstva supstrata.....	19
5.2. Koncentracija mikroelemenata u presadnicama špinata	20
5.3. Koeficijent akumulacije cinka	21
6. ZAKLJUČAK	23

7. POPIS LITERATURE	24
8. SAŽETAK.....	27
9. SUMMARY	28
10. POPIS TABLICA.....	29
11. POPIS GRAFIKONA	30

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

BASIC DOCUMENTATION CARD

1. UVOD

Lobodnjače (*Chenopodiaceae*) su zeljaste biljke, mogu biti i grmovi. Predstavnici ove porodice kod povrćarskih kultura su špinat i blitva, te šećerna i stočna repa kod ratarskih kultura. Biljke iz ove porodice su nitrifilne biljke tj. nakupljaju nitratre. Kod nas se najčešće uzgajaju špinat i blitva kod kojih koristimo list, te cikla kod koje koristimo zadebljali korijen.

Špinat (*Spinacia oleraceae* L.) je jednogodišnja zeljasta biljka, korijen mu je vretenast i u površinskom dijelu razgranat. Listovi mogu biti uspravni ili položeni, a sastoje se od kraćih i dužih peteljki na kojima je lisna plojka različitih oblika ovisno o kultivaru. Sjetva može biti proljetna sredinom ožujka i jesenska sredinom rujna. Sjetva se može obaviti ručno na manjim parcelama i stakleniku, kao i strojno, pneumatskim sijačicama. Uzgaja se u plodoredu, na laganim do srednje teškim tlima, bogatim humusom do 3 %. Kao predkulturu potrebno je izbjegavati mahunarke zbog velike količine dušika koje ostavljaju iza sebe u tlu, a najpovoljnija predkultura su strne žitarice.

Listovi špinata u prosjeku sadrže 10 % suhe tvari u kojoj prevladavaju bjelančevine. Također špinat obiluje vitaminima, mineralima i celuloznim vlaknima. Visokog je sadržaja karotena, C vitamina i vitamina B-kompleksa, a od minerala naročito se ističe visokim sadržajem željeza. Koristi se kuhan i kao prilog uz druga jela. Uz visoku prehrambenu vrijednost špinat može sadržavati i neke nepoželjne sastojke kao što su nitriti i oksalati. Špinat je nitrofilna biljka što znači da usvaja tj. nakuplja nitratre koji dužim stajanjem nakon berbe mogu u listovima prijeći u nitrite, a oni su štetni posebice u ishrani male djece. Stoga je važna pravilna gnojidba dušićnim gnojivima. Period od berbe do korištenja i prerade treba biti kratak. Oksalati koji se većinom nalaze u peteljka lista mogu uzrokovati pojačano izlučivanje kalcija iz organizma i poželjno je špinat pripremati s mlijekom kako bi se oni inaktivirali kalcijem iz mlijeka. Osim korištenja u svježem stanju špinat se može smrzzavati ili sušiti. Špinat je prirodni detoksikant, dijetik, diuretik, laksativ, stimulans, antianemik te djeluje kao stimulator rada jetre, mokraćnih i probavnih organa pa se obavezno koristi u dijetoterapijama. Upotrebljava se kao svježe povrće, sirovina za industrijsku preradu, te služi kao izvor boje za tjestenine. (Parađiković, 2009.)

Špinat se u svijetu uzgaja na površini većoj od 600.000 ha i godišnje ga se proizvede oko 8 milijuna tona. U Kini se nalazi gotovo tri četvrtine svjetske proizvodnje špinata. SAD i Japan također imaju značajnu ulogu u proizvodnji špinata.

Uzgaja se i u Europi, a najviše u Italiji (7500 ha), Francuskoj (5000 ha), Njemačkoj (3750 ha), ali i u Nizozemskoj i Belgiji. Prosječni prinos špinata je 13 t/ha, stoga se može zaključiti da neke zemlje u sjevernoj Europi imaju i dvostruko veće prosječne prinose. Najveći dio proizvodnje špinata u Hrvatskoj se uzgaja na obiteljskim poljoprivrednim gospodarstvima, dok su u funkciji proizvodnje za tržište relativno male površine. Na mediteranskom području ima veće gospodarsko značenje u zimskoj proizvodnji. (Lešić i sur., 2002.) Smatra se da potječe od divljih vrsta *Spinacia tetrandra* i *Spinacia turkestanica*.

Potječe iz Azije, točnije s područja današnjeg Irana gdje se uzgaja i upotrebljava više od 2000 godina. Za vrijeme križarskih ratova došao je u Europu. (Lešić i sur., 2002.)

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 simbola Zn, atomski mu je broj 30. Naziv potječe od njemačke riječi zinke, pojavljuje se u rudama, zupčastog je oblika po čemu dobiva i ime. Sivoplave je boje, mjenja svoju čvrstoću ovisno o temperaturi, pri sobnoj temperaturi je krhak i lomljiv, dok pri temperaturi od 100 do 150 °C omekša i postaje rastezljiv te se lako kuje. Kod temperature od 200 °C ponovo postaje krhak i mrvi se u prah. Amfoteran¹ je pa reagira u kiselinama, jakim lužinama i tvori soli.

Cink (Zn) je biogeni mikroelement za životinje i biljke. On je najvažniji mikroelement potreban u vrlo ranim fazama rasta biljke. Njegova uloga u biljkama je višestruka: potreban je za širenje stanica, razvoj ugljikohidrata i proteina i proizvodnju hormona rasta korijena. Potarzycki i Grzebisz su utvrdili da cink ima veliki utjecaj na osnovne životne procese biljke, kao što su metabolizam dušika i fotosinteza, te da se u biljkama sa nedostatkom Zn drastično smanjuje sinteza proteina i količina bjelančevina. Fitotoksičnost cinkom se javlja samo pri relativno visokim koncentracijama. Simptomi nedostatka Zn javljaju se za većinu biljnih vrsta pri razinama nižim od 20-25 mg/kg, a toksičnost pri razinama od oko 400 mg/kg i više. (Mengel i Kirkby, 1979) Kako za biljke i životinje, cink je esencijalni mikroelement i za ljude.

¹ Amfoternost – sposobnost elemenata da reagiraju već prema sredstvu u kojem se nalaze, reagiraju kao kiseline ili kao baze

Iako prosječno odraslo ljudsko tijelo sadrži samo između 2-3 grama cinka, ovaj element ima neke vrlo važne funkcije. Cink je uključen u više od stotinu različitih kemijskih reakcija u tijelu. Neke od njih pomažu izgrađivanju našeg tijela i održavanju DNA. Cink je također potreban za rast i popravak tkiva u našem tijelu; koristi za formiranje vezivnog tkiva kao što su ligamenti i tetive; za rast zubi, kostiju, noktiju, kože i kose; doprinosi zdravom imunološkom sistemu; esencijalan je za stvaranje, otpuštanje i korištenje hormona u tijelu. Pomaže pravilnom rastu fetusa u razvoju i našem mozgu da pravilno radi; osjetila vida, okusa i mirisa također ovise o ovom elementu. Ne uzimanje dovoljno cinka može imati ozbiljne posljedice na naše zdravlje. Neki od simptoma manjka cinka uključuju gubitak kose, mentalnu apatiju i oštećenje reproduktivnih organa. Drugi simptomi su smanjena stopa rasta i umanjen mentalni kapacitet, može dovesti do gubitka većine osjetila okusa i mirisa, do razvoja mentalnih poremećaja, te kod muškaraca može uzrokovati impotenciju. Mnogi faktori utječu na našu apsorpciju cinka iz hrane koju jedemo, a ponekad može biti teško dobiti dovoljno cinka, čak i iz dobro uravnotežene prehrane. Dobri izvori cinka uključuju kruh od cjelovitih žitarica, morske plodove i meso. (Filipović, i Lipanović, 1995.). Neophodnost Zn u prehrani i njegov nedostatak u ljudima je prepoznat 1963. (Prasad, 2012). Manjak Zn u ljudima je peti glavni uzrok bolesti i smrti u zemljama u razvoju (WHO, 2002) Preporučeni dnevni unos za Zn se kreće od 3–16 mg po danu, ovisno o godinama, spolu, vrsti prehrane i drugim faktorima. (Alloway 2009; Sharma i sur.. 2013)

1.2.Cilj istraživanja

Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj porijekla supstrata na mogućnost uzgoja presadnica špinata te njihov utjecaj na sadržaj cinka u presadnicama špinata. Nadalje, dopunski cilj je bio ustanoviti utjecaj različitih supstrata na translokaciju cinka u presadnice špinata nakon obogaćivanja supstrata otopinom cinka.

Sukladno navedenom cilju postavljene su sljedeće hipoteze:

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

2. PREGLED LITERATURE

Cink (Zn) u tlu podrijetlom je iz primarnih i sekundarnih minerala. Kisele stijene sadrže manje cinka (granit, gnajs), a alkalne znatno više (bazalt). Biljke ga usvajaju kao, Zn – kelate i za razliku od Fe, Mn, Cu i Mo u biljkama je uvijek. 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 (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.).

Teški metali u tlu posljedica su dvaju osnovnih procesa: prirodni (geogeni) procesi i antropogeni procesi (tj. ljudska aktivnost). Prirodnim procesima tlo nasljeđuje teške metale iz matične stijene, a antropogeni procesi uključuju urbanizaciju, industrijalizaciju, promet, ali i poljoprivrednu proizvodnju. U udaljenim područjima bez ljudskoga utjecaja teški metali u tlima gotovo su potpuno porijeklom iz matičnoga supstrata, dok su u urbanim i poljoprivrednim područjima koncentracije teških metala u tlima veće od koncentracija u matičnim supstratima zbog kontinuiranoga unosa u ekosustav (Lončarić., 2015.). Antropogeni procesi pridonose akumulaciji teških metala primjenom gnojidbe mineralnim gnojivima, gnojidbe organskim gnojivima, aplikacijom pesticida, navodnjavanjem i kondicioniranjem tla (Lončarić i sur., 2012.). Najveće značenje među mineralnim gnojivima u pogledu teških metala kao nečistoća imaju fosfatna gnojiva, tj. sirovi fosfati kao pojedinačna gnojiva ili kao sirovina za proizvodnju pojedinačnih i složenih gnojiva. Značajnu ulogu imaju i herbicidi, pesticidi i fungicidi koji sadržavaju teške metale. (Lončarić, 2015.).

Lončarić i sur. (2010.) ispitivali su sadržaj teških metala u tlima istočnog dijela Hrvatske. Ukupan sadržaj Zn u tlu (60 uzoraka), ekstrakcijom zlatotopkom bio je prosječno 70 mg/kg, dok je biljci pristupačan Zn, ekstrakcijom pomoću EDTA, prosječno bio 2,4 mg/kg. Romić i Romić (2003.) istraživali su utjecaj urbanizacije i industrijalizacije na akumulaciju teških metala u poljoprivrednim tlima u okolini Zagreba. Koncentracije Zn varirale su od 15,2 do 277 mg/kg, s time da su najveće vrijednosti pokazali uzorci uzeti s područja u blizini zračne luke i glavnog industrijskog područja. U Pravilniku o ekološkoj proizvodnji u uzgoju bilja i u proizvodnji biljnih proizvoda (NN/ 91/01) propisana je maksimalna dopuštena koncentracija deset elemenata. Novi je pravilnik vrlo sličnih graničnih vrijednosti kao i prethodni, osim za Zn čije su granične vrijednosti s 200-300 mg/kg znatno snižene na 150-200 mg/kg. Nije potpuno jasno zbog čega je tomu tako jer je Zn esencijalni element čiju koncentraciju u proizvodima i hrani biljnoga porijekla već desetljećima pokušavamo povećati različitim postupcima biofortifikacije. (Lončarić, 2015.).

Sa stajališta čovjeka deficit cinka zahvaća ukupni 17,3 % stanovništva. Nedostatak ovog esencijalnog mikronutrijenta može izazvati niz kožnih i respiratornih bolesti (Welch., 2002.). Prema Nacionalnom institutu zdravlja (National Institutes of Health) preporučeni dnevni unos cinka za odraslog muškarca je 11 mg, ženska odrasla osoba bi trebala unijeti 8 mg dok se za vrijeme trudnoće unos povećava na 11 mg, odnosno 12 mg za vrijeme dojenja. Zimmermann (2001.) i Welch (2002.) upozoravaju da nedostatak cinka dovodi do gubitka apetita, smanjenja osjećaja mirisa i okusa, sporog zacjeljivanja rana, te pojave čireva. 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 izložena cinku putem majčine krvi ili mlijeka. Okolišna izloženost cinkovom kloridu dovodi do respiratornih problema. Svjetska zdravstvena organizacija (WHO, 2009.) potvrđuje da je gotovo petina svjetske populacije u opasnosti zbog nedovoljnog unosa cinka, te da godišnje 433 000 djece mlađe od pet godina umire zbog nedostatka Zn. U ljudskom je tijelu količina cinka relativno konstantna i iznosi 24 % svih elemenata u tragovima. S obzirom na njegovu fiziološku funkciju, taj se postotak vrlo razlikuje od organa do organa. Cinka ima najviše u prostati (i do 100 puta više nego u krvi) te je ravnomjerno raspoređen u bubrezima, jetri, mišićima i srcu, dok u nekim tjelesnim tekućinama njegova koncentracija može biti vrlo varijabilna. (Tus, 2012.).

Cink utječe na regulaciju sinteze proteina, aktivira DNA (eng. Deoxyribonucleic acid) i RNA (eng. Ribonucleic acid) polimerazu i adenil-ciklazu pa je potreban i za samu transkripciju. Cink kontrolira integritet membrana kao stabilizator i inhibitor. Nadalje, cink je u sastavu brojnih metaloenzima koji sudjeluju u metabolizmu ugljikohidrata, masti i proteina, kao i u sintezi i katabolizmu aminokiselina. Cink je važan mikronutrijent koji sudjeluje u stvaranju tzv. antioksidativnih enzima, nužnih za zaštitu stanica. (Roohani, 2013.). Jedan od glavnih uzroka nedostatak cinka može biti njegov neadekvatan unos (osobe na vegetarijanskoj prehrani, pacijenti na dugotrajnoj parenteralnoj prehrani). Sljedeći uzrok je mala apsorpcija koja može biti nasljedna (vrlo rijetko) ili stečena. Smanjena koncentracija cinka se može javiti i kod povećanog gubitka uslijed dijareje i povraćanja. Gubitak se može javiti i urinarnim putem kod ciroze jetre, šećerne bolesti, bolesti bubrega, hemolitičkih anemija te povećanog katabolizma, trauma, infekcija i kirurških operacija. Nedostatak cinka je zapravo čest, posebno kod djece, dojenčadi, trudnica i dojilja te kod starijih osoba i osoba s probavnim problemima (Miloloža, 2014.).

Cink se usvaja aktivno i kod njegovog usvajanja antagonistički djeluju veće količine kalcija i naročito magnezija. Fiziološka uloga cinka je velika u biosintezi DNA i RNA, sintezi proteina i sintezi auksina. Kritična granica nedostatka cinka je 20 ppm u suhoj tvari lišća. Osjetljive biljke na nedostatak cinka su kukuruz, lan i soja, a otporne žitarice. Suvišak cinka se rijetko javlja i to samo na kiselim tlima, a kritična granica koncentracije cinka koju biljka može tolerirati iznosi između 200-500 ppm preračunato na suhu tvar lišća. (Vukadinović i Lončarić, 1998). Cink spada u grupu elemenata čija je pokretljivost kroz biljku osrednja i u uzlaznom i u silaznom toku. U slučaju kada je njegova koncentracija u tlu mala, izuzetno je slab intenzitet prenošenja iz starijih u mlađe dijelove biljke. U slučajevima kada je njegova koncentracija u tlu visoka, uglavnom se taloži u korijenu biljaka. U koliko njegova koncentracija u suhoj tvari biljke padne na 10-20 ppm dolazi do latentnog (prikrivenog) nedostatka, a ako padne ispod 10 ppm javlja se akutni nedostatak sa simptomima deficijencije i ugibanjem biljke (Živanović, 2010.). Usvajanje cinka je aktivan proces pri kojem inhibitorno djeluju ioni magnezija, kalcija i fosfora. Niska temperatura i suvišak fosfora smanjuju stupanj usvajanja cinka (Vukadinović i Vukadinović, 2011). Kochian (1991.) navodi da cink ksilemom putuje vezan uz organske kiseline ili kao slobodni dvovalentni kation, a kroz floem se transportira vezanjem uz organske otopljene tvari.

Prema McCall i sur., (2000.) metaboličke funkcije cinka bazirane su na njegovoj sklonosti da stvara tetraedarske komplekse s dušičnim, oksidnim te sumpornim ligandima preko kojih sudjeluje u enzimatskim reakcijama. Auld (2009.) opisuje strukturnu ulogu cinka; cink je jedini biogeni metal koji je prisutan u svih šest enzimskih skupina, uključujući oksido-reduktaze, transferaze, hidrolaze, liaze, izomeraze i ligaze. Prisutnost cinka u strukturi raznih enzima posljedica je njegove sposobnosti da stvara ligande s raznim aminokiselinama, najviše histidinom i cisteinom, a zatim asparagičnom i glutaminskom kiselinom. Sandmann i Böger, (1983.) govore o indirektnoj ulozi cinka koja se očituje i u procesu fotosinteze preko enzima ugljične anhidraze. Navedeni enzim sudjeluje u fotosintezi, a u svojoj strukturi sadrži šest podjedinica, svaka sa po jednim cinkovim atomom. Qiao i sur. (2014.) navode kako su folijarnom aplikacijom cinkovog sulfata ($ZnSO_4$) u koncentraciji od 7 Mm povećali aktivnosti enzima ugljične anhidraze u stromi kloroplasta za 14,6 %. Povećanjem aktivnosti ovog enzima, povećala se i koncentracija klorofila za 19,4 % što je rezultiralo povećanjem fotosintetske aktivnosti. Cakmak i Marschner (1989.) govore ne samo o važnosti cinka u radu enzima, nego i za stabilnost brojnih proteina ovisi o dostupnosti cinka i njegovom vezanju na njihovu molekularnu strukturu. Biljke uzgajane uz nedostatak cinka bilježe smanjenu stopu sinteze i ukupne koncentracije proteina, dok istovremeno ostaju slobodne aminokiseline, čija je temeljna uloga upravo izgradnja bjelančevina. Nadalje, važno je spomenuti da aktivnost brojnih enzima (dehidrogenaze, aldolaze, izomeraze, transfosforilaze, RNA i DNA polimeraze) ovisi upravo o prisutnosti cinka.

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 manganovih i željezovih oksida, organske tvari, dušičnih i fosforin 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 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.).

3. MATERIJAL I METODE

3.1 Postavljanje laboratorijskog gnojidbenog pokusa

Pokus je postavljen u laboratoriju Zavoda za agroekologiju pri čemu je sjeme špinata 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 ako 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 ZnSO₄. 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 špinata.

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

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

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 deoionizirane 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 ISO 14235:1994.) koja predstavlja mokro spaljivanje organske tvari supstrata kalijevim bikromatom. U 50 mg suhog uzorka dodano je 5 ml otopine $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ ($c = 0.27 \text{ mol l}^{-1}$) 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 kremen i 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:

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

3.2.4 Sadržaj ukupnog dušika

Ukupni dušik određen je digestijom suhog i homogeniziranog 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 , TiO_2 , $CuSO_4$), a zatim su grijani na bloku za razaranje Kjeldigester K-437 na $360\text{ }^\circ\text{C}$ 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 otopljena 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 $0,14\text{ mg NH}_4\text{ -N}$. 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^{-1} 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^{-1} , 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 intenzitet žute boje. Rezultat se izražava kao g P kg^{-1} suhe tvari (Vajnberger, 1966.)

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

3.2.7 Sadržaj cinka 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 (EN 13650) 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, tehnikom optičke emisijske spektrometrije na induktivno spregnutoj plazmi (ICP-OES) mjerene su koncentracije cinka koje su izražene u mg/kg supstrata.

Analiza supstrata provedena je u laboratoriju Zavoda za agroekologiju pri Fakultetu agrobiotehničkih znanosti Osijek.

3.3 Kemijske analize presadnica

Biljni materijal – presadnice špinata 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 prelijevan s 9 ml 65 % HNO₃ i 2 ml 30 % H₂O₂. Nakon provedbe digestije otopina je profiltrirana u odmjerne posude, te je određena koncentracija Zn uz pomoć ICP-OES tehnike te preračunate na mg/kg suhe tvari.

Analiza biljnog materijala provedena je u laboratoriju Zavoda za agroekologiju pri Fakultetu agrobiotehničkih znanosti Osijek.

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 slijedećih 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 selen u supstratima.

4.1.1 Osnovna svojstva supstrata i sadržaj makroelemenata

Laboratorijskim analizama u sva tri supstrata utvrđena su njihova osnovna kemijska svojstva.

Tablica 1. Osnovna kemijska svojstva supstrata

Vrsta supstrata	pH (H ₂ O) 1:5	EC mS/cm 1:5	ST %	N g/kgST	C g/kgST	C/N	P ₂ O ₅ %	K ₂ O %
Klasman Potgrond H - kontrola	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 peletirani 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 bio je 286 g/kg ST, dušika 12,74 g/kg ST što daje C/N odnos od 22:1
- utvrđeni sadržaj fosfora bio je 0,05; a kalija 0,17% (tablica 1.)

U Organskoj zemlji utvrđeno je:

- pH reakcija 6,5; konduktivitet (EC) 0,6 mS/cm, dok je sadržaj suhe tvari iznosio 95 %
- sadržaj ugljika bio je 75 g/kg ST, dušika 10,36 g/kg ST što daje C/N odnos od 7,2:1
- utvrđen sadržaj fosfora bio je 3,5; a kalija 3,2 % (tablica 1.)

U Konjskom peletiranom stajnjaku utvrđeno je:

- pH reakcija 6,7; konduktivitet (EC) 0,4 mS/cm, dok je sadržaj suhe tvari iznosio 85 %
- sadržaj ugljika bio je 26 g/kg ST, dušika 2,4 g/kg ST što daje C/N odnos od 12,12:1
- utvrđen sadržaj fosfora bio je 3,0; a kalija 3,3 % (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.

Tablica 2. Koncentracija esencijalnih i toksičnih teških metala u supstratima

Vrsta Supstrata	Zn mg/kg	Se mg/kg	Cu mg/kg	Cd mg/kg	Pb mg/kg	Ni 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	80	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 mg/kg, 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 selen i cinka prikazan je utjecaj pojedinog supstrata na koncentraciju navedenih elemenata.

Tablica 3. Koncentracija cinka i selen u supstratima

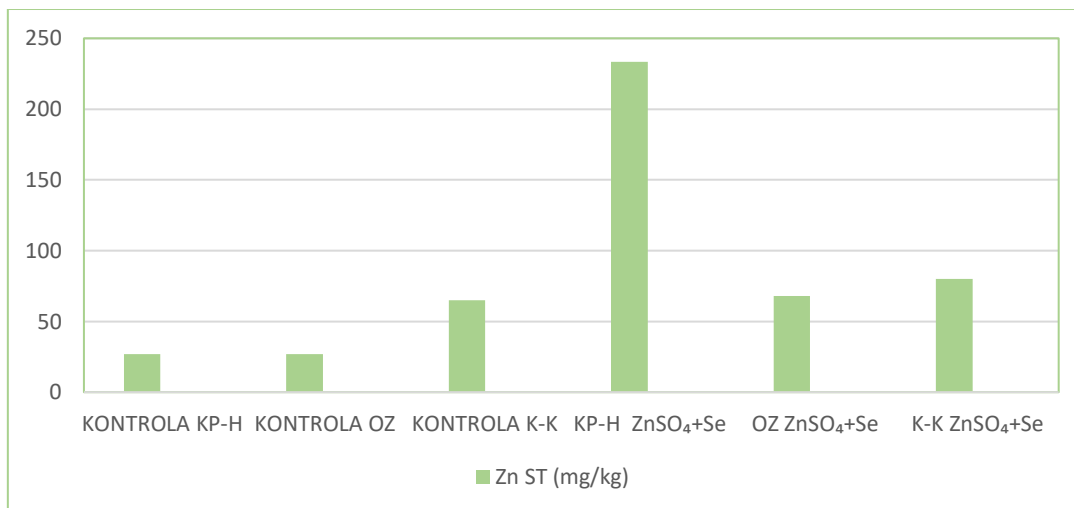
Supstrat	Zn	Se
Klasman Potgrond H	71,30 b	0,22 b
Organska zemlja	28,02 c	0,22 b
Konjski peletirani stajnjak	170,00 a	0,80 a
LSD _{0,05}	1,3734	0,0389
Prosjeak	89,77	0,4

Razlike između vrijednosti u kolonama koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne

Statističkom analizom podataka (ANOVA) utvrđena je statistički značajna razlika u koncentraciji cinka za sve ispitivane supstrate, dok je kod selen statistički značajna razlika utvrđena između konjskog peletiranog stajnjaka i ostala dva supstrata (Tablica 3.).

4.2 Koncentracija cinka u presadnicama špinata

Tijekom istraživanja laboratorijskim analizama utvrđen je sadržaj cinka u presadnicama špinata nakon 3 tjedna uzgoja u svim tretmanima.



Grafikon 1. Koncentracija cinka u presadnicama špinata

Tako je na tretmanu Klasman Potgrond H - kontrola utvrđena prosječna koncentracija Zn 26,99 mg/kg ST, na tretmanu Organska zemlja - kontrola utvrđena je prosječna koncentracija Zn 26,75 mg/kg ST, dok je na tretmanu kontrole u Konjskom peletiranom stajnjaku utvrđena prosječna koncentracija Zn 64,83 mg/kg ST (grafikon 1.).

Navedene vrste supstrata obogatili smo cinkom, te su laboratorijskim analizama dobiveni sljedeći rezultati, na supstratu Klasman Potgrond H 233,48 mg/kg ST Zn, na obogaćenoj Organskoj zemlji 67,89 Zn mg/kg ST, dok je na obogaćenom Konjskom peletiranom stajnjaku utvrđeno 80,16 Zn mg/kg ST (grafikon 1.).

Dobiveni rezultati koncentracije cinka u presadnicama analizirane su statističkom obradom analizom varijance kao i rezultati koncentracije cinka u špinatu radi utvrđivanja utjecaja tretmana na koncentraciju cinka u presadnicama.

Tablica 4. Prosječna koncentracija cinka utvrđena u presadnicama špinata u različitim supstratima

Tretman	Zn (mg/kg)
Kontrola KP-H	26,99 c
Kontrola OZ	26,75 c
Kontrola K-K	64,83 b
KP-H ZnSO ₄	233,48 a
OZ ZnSO ₄	67,89 b
K-K ZnSO ₄	80,16 b
LSD_{0,05}	15,36
Prosjek	83,35

Razlike između vrijednosti u kolonama koje sadrže istu slovnu oznaku nisu statistički značajne

U presadnicama špinata uzgojenim u supstratu Klasman Potgrond H ZnSO₄+Se utvrđena je statistički značajna razlika, u odnosu na presadnice uzgojene u supstratima kontrola Klasman Potgrond H i kontrola Organska zemlja. Također, u supstratu Klasman Potgrond H ZnSO₄+Se utvrđena je statistički značajna razlika u odnosu na supstrate: Konjski peletirani stajnjak, Organskoj zemlji ZnSO₄+Se te Konjski peletirani stajnjak ZnSO₄+Se (tablica 4.).

4.3 Koeficijent akumulacije cinka

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

$$K_a = C_m / C_s$$

Pri čemu je C_m utvrđena koncentracija teškog metala u presadnici, a C_s utvrđena koncentracija teških metala u supstratu.

Tablica 5. Koeficijenti akumulacije cinka iz supstrata u presadnice špinata

Vrsta supstrata	Zn mg/kg			Koef.akumulacije	Koef.akumulacije
	supstrat	kontrola	tretirano	(Ka1)	(Ka2)
Klasman Potgrond H - kontrola	71,3	26,99	233,48	0,37	3,27
Organska zemlja	28,02	26,75	67,89	0,95	2,42
Konjski peletirani stajnjak	170	64,83	80,16	0,38	0,47

Prosječno najviši koeficijent akumulacije za cink utvrđen je u presadnicama špinata uzgojenim na supstratu Klasman Potgrond H tretiranog otopinom cinka u iznosu 3,27. Dalje su se koeficijenti akumulacije kretali u nizu: 2,42 (Organska zemlja - tretirano) > 0,95 (Organska zemlja - kontrola) > 0,47 (Konjski peletirani stajnjak - tretirano) > 0,38 (Konjski peletirani stajnjak - kontrola) > 0,37 (Klasman Potgrond H - kontrola) (tablica 5.).

5. RASPRAVA

5.1 Kemijska svojstva supstrata

Prema Parađiković (2009.) idealan pH supstrata za proizvodnju špinata iznosi 6 – 7. Prema Fidanzi i sur. (2010.) prosječni sadržaj dušika u supstratu za proizvodnju špinata u prosjeku iznosi 1,12 % (svježe 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 %. Elektrokonduktivitet svježeg supstrata iznosi 13,30 mScm⁻¹.

pH supstrata prema rezultatima laboratorijskih mjerenja kretao se od pH=5,5 u Klasman Potgrond H, u supstratu Organska zemlja pH iznosio je 6,5; te je pH vrijednost u Konjskom peletiranom stajnjaku bila 6,7. Prema navodima Parađiković (2009.) kako je idealan pH 6-7, navedene pH vrijednosti unutar idealnog su kod supstrata Organska zemlja i Konjski peletirani stajnjak.

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

Sadržaj ugljika najniži je kod Konjskog peletiranog stajnjaka i iznosi 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.

Zbog mikrobiološke aktivnosti C/N odnos je najviše proučavan parametar (Epstein, 1997.) i koristi se kao jedan od indikatora stabilnosti komposta, a u ovom istraživanju utvrđeni C/N odnos kretao se od 7,2:1 u Organskoj zemlji. Kada je riječ o Konjskom peletiranom stajnjaku dobivena je vrijednost 12,12:1. Dok je u Klasman Potgrond H iznosila 22:1. Prema Fidanzi i sur. (2010.) ustanovljeni C/N odnos u supstratu za proizvodnju špinata kreće se od minimalno 10:1 do maksimalno 15:1, a idealan je 13:1., što Konjski peletirani stajnjak svrstava u idealan za uzgoj presadnica špinata prema C/N odnosu.

Sadržaj fosfora bio je jako nizak u Klasman Potgrond H supstratu u iznosu 0,05 % P_2O_5 , u Konjskom peletiranom stajnjaku postotak fosfora bio je 3,0 % P_2O_5 . Nešto viši postotak fosfora izmjeren je u Organskoj zemlji 3,5 % P_2O_5 .

Sadržaj kalija u Klasman Potgrond H supstratu je utvrđen laboratorijskim analizama u iznosu 0,17 % K_2O U Konjskom peletiranom stajnjaku postotak kalija bio je 3,3 % K_2O . Nešto niži postotak izmjeren je u Organskoj zemlji 3,2 % K_2O .

Osim navedenih kemijskih elemenata deklarirane su vrijednosti esencijalnih i toksičnih metala: Zn, Se, Cu, Cd, Pb, Ni (mg/kg). Ukupni sadržaj esencijalnih i toksičnih teških metala imao je različit ukupan sadržaj ovisno o supstratima. Tako je u Organskoj zemlji izmjerena količina Zn iznosila 28,02 mg/kg, u Klasman Potgrond H 71,3 mg/kg, dok je u Konjskom peletiranom stajnjaku izmjerena količina 170 mg/kg.

Sve navedene koncentracije bile su ispod maksimalno dopuštenih koncentracija propisanih Pravilnikom o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja (NN 09/2014).

5.2 Koncentracija mikroelemenata u presadnicama špinata

Mikroelementi su elementi biljne ishrane koji su biljkama neophodni tijekom cijelog životnog ciklusa u manjim količinama, u ovom istraživanju promatrano je usvajanje cinka u presadnice špinata, s ciljem utvrđivanja translokacije u konzumni dio špinata – list. Prosječan sadržaj cinka u biljnom materijalu iznosi 0,6 do 83 mg/kg, ovisno o biljnoj vrsti. (Gluhčić, 2004.)

Laboratorijskim analizama dobiveni podaci ukazuju kako su presadnice špinata akumulirale najveću koncentraciju cinka u Klasman Potgrond H $ZnSO_4$ supstratu, utvrđena koncentracija cinka u presadnici špinata u ovom supstratu iznosi 233,48 mg/kg.

U supstratu Konjski peletirani stajnjak ZnSO₄ utvrđena koncentracija iznosila je 80,16 mg/kg u presadnici. Nadalje utvrđena koncentracija cinka u presadnice špinata u Organskoj zemlji ZnSO₄+Se iznosi 67,89 mg/kg.

Kako je bilo i za očekivati najveća koncentracija cinka u presadnice akumulirana je iz supstrata tretiranih ZnSO₄. Uspoređujući supstrat na kojem je obavljen tretman u odnosu na njegovu kontrolu, najveću akumulaciju cinka imaju presadnice uzgajane u Klasman Potgrond H supstratu, i to 8,6 puta veću.

Očekivano najveća koncentracija cinka u presadnicama usvojena je iz svih dodatno obogaćenih supstrata.

Neznatno manja količina u odnosu na prethodno navedenu vrijednost u Organskoj zemlji ZnSO₄, akumulirana u supstratu Konjski peletirani stajnjak koji nije bio obogaćen mikroelementima, s iznosom od 64,83 mg/kg. U preostala dva supstrata kontrole vrijednosti akumuliranog cinka neznatno se razlikuju. U supstratu Klasman Potgrond H vrijednosti su 26,99 mg/kg, dok u supstratu Organska zemlja kontrola vrijednost iznosi 26,75 mg/kg. Samim time možemo reći kako presadnice imaju bolje usvajanje tj. translokaciju u supstratima kod kojih je izvršen tretman. Prema Chaney (2010.) 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 manganovih i željezovih oksida, organske tvari, dušičnih i fosfornih gnojiva, plodosmjena i prethodni usjev.

5.3 Koeficijent akumulacije cinka

U sklopu istraživanja izračunati su koeficijenti akumulacije za cink u presadnice špinata. Kako za netretirane supstrate, tako i za supstrate obogaćene cinkom.

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

$$K_a = C_m / C_s$$

Pri čemu je C_m utvrđena koncentracija teškog metala u presadnici, a C_s utvrđena koncentracija teških metala u supstratu.

Kod netretiranih supstrata najveći koeficijent akumulacije imale su presadnice uzgojene u supstratu Organska zemlja – kontrola 0,95; dok su presadnice iz preostala dva supstrata kontrole imala niže koeficijente akumulacije, redom: Konjski peletirani stajnjak – kontrola u iznosu 0,38; te Klasman Potgrond H – kontrola u iznosu 0,37.

Kod tretiranih, tj. obogaćenih supstrata najveći koeficijent akumulacije imale su presadnice uzgajane u Klasman Potgrond H supstratu sa iznosom 3,27; zatim presadnice uzgajane u supstratu Organska zemlja sa koeficijentom akumulacije 2,42; te presadnice dobivene uzgojem u Konjskom peletiranom stajnjaku sa koeficijentom akumulacije 0,47.

Vrijednosti cinka u mg/kg deklarirane od strane proizvođača supstrata različite su kod svih korištenih supstrata. Najvišu deklariranu vrijednost ima Konjski peletirani stajnjak 170 mg/kg, nižu vrijednost ima supstrat Klasman Potgrond H 71,3 mg/kg, te najnižu vrijednost ima Organska zemlja 28,02 mg/kg.

Iako je bilo za pretpostaviti kako će presadnice špinata imati najviši koeficijent akumulacije iz supstrata s najvećom deklariranom koncentracijom Zn tj. konjskim peletiranim stajnjakom dobiveni rezultati ukazuju na upravo suprotno, tj. vrlo nizak koeficijent akumulacije u presadnice u odnosu na deklariranu koncentraciju Zn u supstratu.

6. ZAKLJUČAK

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

Iz dobivenih rezultata možemo zaključiti da porijeklo supstrata utječe na koncentraciju cinka u presadnicama odnosno da je utvrđena različita koncentracija cinka ovisno o supstratu.

Nadalje, supstrati su bili obogaćeni otopinom cinka što je imalo direktan utjecaj na translokaciju cinka u presadnice špinata.

Najveću akumulaciju cinka imaju presadnice uzgajane u Klasman Potgrond H supstratu, i to 8,6 puta veću u odnosu na ostale tretmane.

Kod netretiranih supstrata najveći koeficijent akumulacije imale su presadnice uzgojene u supstratu Organska zemlja – kontrola 0,95.

Kod obogaćenih supstrata najveći koeficijent akumulacije imale su presadnice uzgajane u Klasman Potgrond H supstratu sa iznosom 3,27.

Iako je u Konjskom peletiranom stajnjaku utvrđena najveća koncentracija cinka koeficijent akumulacije u tom supstratu bio je najniži i iznosio je 0,47.

Prema rezultatima ovog istraživanja, aplikacija otopine cinka u supstrate može dovesti do proizvodnje presadnica obogaćenih cinkom, ali je translokacija cinka pod velikim utjecajem porijekla supstrata.

7. POPIS LITERATURE

1. Auld, D., S. (2009.): The ins and outs of biological zinc sites. *Biometals*, 22(1):141-148.
2. Cakmak, I., Marschner, H. (1989.): Effect of Zinc Nutritional Status on Growth, Protein Metabolism and Levels of Indole-3-acetic Acid and other Phytohormones in Bean (*Phaseolus vulgaris*. L). *Journal of Experimental Botany*. 40(3): 405-412.
3. 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.
4. CSN EN 13650 (2001.): Soil improvers and growing media - Extraction of aqua regia soluble elements
5. EN13037 (2011): Determination of pH.
6. EN13038 (2011): Determination of electrical conductivity.
7. EN13654-1 (2011): Determination of Kjeldahl Nitrogen in soil, biowaste and sewage sludge.
8. Epstein, E. (1997.): The science of composting. Technomic Publishing Company. Lancaster, Pennsylvania, USA.
9. Gluhčić, D. (2004.): Važnost cinka u gnojidbi kukuruza, Institut za poljoprivredu i turizam Poreč.
10. Halemić, J., Miko, S. (2009.): Geokemijski atlas Republike Hrvatske, Hrvatski geološki institut, Zagreb, 40-46
11. HRN ISO 14235 (1994): Kakvoća tla -Određivanje organskog ugljika sulfokromnom oksidacijom, Hrvatski zavod za norme, Zagreb
12. Kochian, L. (1991.): Mechanisms of nutrient uptake and translocation in plants. *Micronutrients in Agriculture*, 2(4): 265-266.
13. Lešić, R., Borović, J., Buturac, I., Čustić, M., Poljak, M., Romić, D. (2002): Povrćarstvo, Zrinski d.d., Čakovec.
14. 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, 517540.

15. Lončarić, Z., Kádár, I., Jurković, Z., Kovačević, V., Popović, B., Karalić, K. (2012.): Teški metali od polja do stola. Zbornik radova. 47th Croatian and 7th International Symposium on Agriculture. Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu. Opatija, 14- 23.
16. Lončarić, Z., Popović, B., Karalić, K., Rékási, M., Kovačević, V. (2010.): Regression model for prediction availability of essential heavy metals in soils. 19th World Congress of Soil Science, Soil Solutions for a Changing World. Australia. 92-95.
17. McCall K. A., Huang C. C., Fierke C. A. (2000.): Function and Mechanism of Zinc Metalloenzymes. *Journal of Nutrition*, 130: 1437S-1446S
18. Parađiković, N. (2009.): Opće i specijalno povrćarstvo, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek.
19. Pravilnik o zaštiti poljoprivrednog zemljišta od onečišćenja NN 09/2014.
20. Qiao X., He Y., Wang Z., Li X., Zhang K., Zeng H. (2014.): Effect of foliar spray of zinc on chloroplast β -carbonic anhydrase expression and enzyme activity in rice (*Oryza sativa* L.) leaves. *Acta Physiologiae Plantarum*, 36: 263-272.
21. Romić, M., Romić, D. (2003.): Heavy metals distribution in agricultural topsoils in urban area. *Environmental Geology* (2003) 43:795-805.
22. Roohani, N., Hurrell, R., Kelishadi, R., Schulin, R. (2013.): Zinc and its importance for human health: An integrative review. *J Res Med Sci*. 2013; 18(2): 144-157.
23. Roohani, N., Hurrell, R., Kelishadi, R., Schulin, R. (2013.): Zinc and its importance for human health: An integrative review. *J Res Med Sci*. 2013; 18(2): 144-157.
24. Sandmann, G., Böger, P. (1983.): The enzymatological function of heavy metals and their role in electron transfer processes of plants. *Encyclopedia of Plant Physiology*, 15A: 563–593.
25. Tus, A., Rakipović, A., Peretin, G., Tomić S. i Šikić. M. Biome: biologically relevant metals. *Nucleic Acids Research*, 2012.
26. Vukadinović, V., Lončarić, Z. (1998.): Ishrana bilja. Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku.
27. Vukadinović, V., Vukadinović, V. (2011.): Ishrana bilja. Sveučilište J.J. Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku.
28. Welch, R.M. (2002.): The impact of mineral nutrients in food crops on global human health. *Plant Soil*, 247:83-90.

29. WHO (2009.): Global Health Risks. Mortality and burden of disease attributable to selected major risk.
30. Zimmermann, M. (2001.): Micronutrients in Health and Disease. Georg Thieme Verlag, Stuttgart.
31. Živanović, M. (2010.): Teški metali u zemljištu i njihov utjecaj na biljke. Build, 14:1-6.
32. <https://hr.wikipedia.org/wiki/Cink>

8. SAŽETAK

Špinat je jednogodišnja zeljasta biljka, korijen mu je vretenast i u površinskom dijelu razgranat. Listovi mogu biti uspravni ili položeni, a sastoje se od kraćih i dužih peteljki na kojima je lisna plojka različitih oblika ovisno o kultivaru. Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj porijekla supstrata na mogućnost uzgoja presadnica špinata te njihov utjecaj na sadržaj cinka u presadnicama špinata. Nadalje, dopunski cilj je bio kako unošenje otopine cinka u različite supstrate utječe na translokaciju cinka u presadnice špinata. Tako su najveću akumulaciju cinka imale presadnice uzgajane u Klasman Potgrond H supstratu, i to 8,6 puta veću u odnosu na ostale tretmane. Kod netretiranih supstrata najveći koeficijent akumulacije imale su presadnice uzgojene u supstratu Organska zemlja – kontrola 0,95, a kod obogaćenih supstrata najveći koeficijent akumulacije imale su presadnice uzgajane u Klasman Potgrond H supstratu sa iznosom 3,27. Iako je u Konjskom peletiranom stajnjaku utvrđena najveća koncentracija cinka koeficijent akumulacije u tom supstratu bio je najniži i iznosio je 0,47.

Prema rezultatima ovog istraživanja, aplikacija otopine cinka u supstrate može dovesti do proizvodnje presadnica obogaćenih cinkom, ali je translokacija cinka pod velikim utjecajem porijekla supstrata.

Ključne riječi: špinat, supstrat, cink, akumulacija

9. SUMMARY

Spinach is a one-year-old herbaceous plant and its root is spindle and branched in the surface. The leaves can be upright or laid, consisting of shorter and longer petioles with a leaf plank of various shapes depending on the cultivar. The aim of the study was to determine the influence of substrate origin on the possibility of cultivating spinach seedlings and their influence on zinc content in spinach young leaves. Furthermore, the additional aim was to introduce zinc solution $ZnSO_4$ into different substrates affecting the translocation of zinc in spinach leaves. The highest accumulation of zinc had seedlings grown in Klasman Potgrond H substrate, which was 8.6 times higher compare to other treatments. In the case of untreated substrates, the largest coefficient of accumulation had spinach leaves grown in the substrate Organic Control 0.95, and in the substrates with $ZnSO_4$ solution the largest accumulation coefficient had spinach leaves grown in Klasman Potgrond H substrate with the 3.27. Although the highest zinc concentrations were found in the Pellet horse substrate, the coefficient of accumulation on that substrate was the lowest 0.47.

Key words: spinach, substrate, zink, accumulation

10. POPIS TABLICA

Broj tablice	Naziv tablice	Str.
Tablica 1.	Osnovna kemijska svojstva supstrata	13
Tablica 2.	Koncentracija esencijalnih i toksičnih teških metala u supstratima	14
Tablica 3.	Koncentracija cinka i selena u supstratima	15
Tablica 4.	Prosječna koncentracija cinka utvrđena u presadnicama špinata u različitim supstratima	17
Tablica 5.	Koeficijenti akumulacije cinka iz supstrata u presadnice špinata	18

11. POPIS GRAFIKONA

Broj grafikona	Naziv grafikona	Str.
Grafikon 1.	Koncentracija cinka u presadnicama špinata	16

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 na translokaciju cinka u presadnice špinata
Goran Herman

Sažetak: Špinat je jednogodišnja zeljasta biljka, korijen mu je vretenast i u površinskom dijelu razgranat. Listovi mogu biti uspravni ili položeni, a sastoje se od kraćih i dužih peteljki na kojima je lisna plojka različitih oblika ovisno o kultivaru. Cilj istraživanja bio je utvrditi utjecaj porijekla supstrata na mogućnost uzgoja presadnica špinata te njihov utjecaj na sadržaj cinka u presadnicama špinata. Nadalje, dopunski cilj je bio kako unošenje otopine cinka u različite supstrate utječe na translokaciju cinka u presadnice špinata. Tako su najveću akumulaciju cinka imale presadnice uzgajane u Klasman Potgrond H supstratu, i to 8,6 puta veću u odnosu na ostale tretmane. Kod netretiranih supstrata najveći koeficijent akumulacije imale su presadnice uzgojene u supstratu Organska zemlja – kontrola 0,95, a kod obogaćenih supstrata najveći koeficijent akumulacije imale su presadnice uzgajane u Klasman Potgrond H supstratu sa iznosom 3,27. Iako je u Konjskom peletiranom stajnjaku utvrđena najveća koncentracija cinka koeficijent akumulacije u tom supstratu bio je najniži i iznosio je 0,47.

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

Broj stranica: 30
Broj grafikona i slika: 1
Broj tablica: 5
Broj literaturnih navoda: 31
Broj priloga: -
Jezik izvornika: hrvatski

Ključne riječi: špinat, supstrat, cink, 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

Graduate thesis

Influence of different zincenriched substrates on zinc translocation in spinach seedlings
Goran Herman

Abstract: Spinach is a one-year-old herbaceous plant and its root is spindle and branched in the surface. The leaves can be upright or laid, consisting of shorter and longer petioles with a leaf plank of various shapes depending on the cultivar. The aim of the study was to determine the influence of substrate origin on the possibility of cultivating spinach seedlings and their influence on zinc content in spinach young leaves. Furthermore, the additional aim was to introduce zinc solution ZnSO₄ into different substrates affecting the translocation of zinc in spinach leaves. The highest accumulation of zinc had seedlings grown in Klasman Potgrond H substrate, which was 8.6 times higher compare to other treatments. In the case of untreated substrates, the largest coefficient of accumulation had spinach leaves grown in the substrate Organic Control 0.95, and in the substrates with ZnSO₄ solution the largest accumulation coefficient had spinach leaves grown in Klasman Potgrond H substrate with the 3.27. Although the highest zinc concentrations were found in the Pellet horse substrate, the coefficient of accumulation on that substrate was the lowest 0.47.

Thesis performed at: Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

Mentor: izv. prof. dr. sc. Brigita Popović

Number of pages: 30

Number of figures: 1

Number of tables: 5

Number of references: 31

Number of appendices: -

Original in: Croatian

Key words: spinach, substrate, zink, accumulation

Thesis defended on date:

Reviewers:

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

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

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.