

UNIVERZITET U BEOGRADU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET

mr Mira R. Milinković

**BIOPOTENCIJAL KOMPOSTA I
PRODUKATA KOMPOSTA**

doktorska disertacija

Beograd, 2013

UNIVERSITY OF BELGRADE
FACULTY OF AGRICULTURE

Mira R. Milinković, MSc

**BIOPOTENTIAL OF COMPOST AND
COMPOST PRODUCTS**

PhD thesis

Belgrade, 2013

MENTOR: _____

dr Vera Raičević, redovni profesor
Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet

ČLANOVI KOMISIJE: _____

dr Snežana Oljača, redovni profesor
Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet

dr Vlado Ličina, redovni profesor
Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet

dr Blažo Lalević, docent
Univerzitet u Beogradu, Poljoprivredni fakultet

dr Ljubinko Jovanović, redovni profesor
Univerzitet Educons, Sremska Kamenica

DATUM ODBRANE: _____

Neizmernu i iskrenu zahvalnost dugujem svom mentoru, prof. dr Veri Raičević, za razumevanje, i nesebičnu pomoć tokom izrade i pisanja ove disertacije. Posebnu zahvalnost svom mentoru dugujem za učešće na projektu Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja, TR-31080 „Biodiverzitet kao potencijal u ekoremedijacionim tehnologijama oštećenih ekosistema“, usmeravanje na oblast istraživanja i svu podršku i poverenje tokom dugogodišnje saradnje.

Najveći deo ove disertacije urađen je na Katedri za ekološku mikrobiologiju, Poljoprivrednog fakulteta u Beogradu, i ovom prilikom se zahvaljujem članovima katedre na pomoći u toku izrade doktorske disertacije.

Posebno mesto i zahvalnost pripada dr Blažu Laleviću koji je svojim zalaganjem i nesebičnošću doprineo izradi ove teze. Zahvaljujem se prof. dr Ljubinku Jovanoviću na savetima i svesdoj pomoći tokom realizacije oglada i pisanja rada. Srdačno se zahvaljujem i ostalim članovima Komisije na sugestijama i korisnim savetima.

Značajno mesto u izradi ove disertacije pripada mojim dragim prijateljima i kolegama koji su me nesebično podržavali tokom realizacije ovih istraživanja, i kojima na tome najiskrenije zahvaljujem.

Neizmernu zahvalnost dugujem svojim roditeljima za hrabrenje i stalnu podršku.

BIOPOTENCIJAL KOMPOSTA I PRODUKATA KOMPOSTA

Rezime

Održivo korišćenje prirodnih resursa uključuje i održivo upravljanje sa čvrstim biorazgradljivim komunalnim i agroindustrijskim otpadom i doprinosi bezbednosti životne sredine i zdravlju ljudi. Industrijalizacija i porast broja stanovnika stvorili su brojne probleme u upravljanju sa otpadom a nedostatak finansijskih sredstava dodatno je otežao upravljanje sa otpadom. Zbog toga se u Srbiji ovaj otpad tretira kao niskovredan materijal, odnosno nešto što je potrebno odbaciti. Kako bi se postiglo održivo upravljanje komunalnim i poljoprivrednim otpadom, moraju se pronalaziti nove metode, primeniti inovativne tehnologije kako bi otpad postao vredan bioresurs. Jedan od načina smanjenja količina organskog otpada ali i smanjenja zagađenja životne sredine uz dobijanje vrednog proizvoda je kompostiranje i u tom kontekstu kompostiranje predstavlja značajnu oblast poljoprivredne biotehnologije. Stoga je osnovni cilj disertacije sagledavanje mogućnosti iskorišćavanja komposta i proizvoda od komposta kao bioresursa u održivoj poljoprivrednoj proizvodnji uz dobijanje kvalitetnih proizvoda, koji mogu naći svoju primenu u savremenoj poljoprivrednoj proizvodnji i doprineti zaštiti i unapređenju kvaliteta životne sredine.

Kompost nije konačan proizvod recikliranja organskog otpada, već se od njega mogu dobiti i drugi korisni proizvodi u uslovima aeracije ili bez aeracije. Kompostni čaj i kompostni ekstrakt su tečni proizvodi komposta dobijeni mešanjem komposta i vode tokom određenog vremenskog perioda. U radu je korišćen biorazgradljivi komunalni, zeleni i duvanski otpad, koji su predstavljali osnovne komponente za dobijanje komposta. Imajući u vidu početni materijal neophodno je bilo izvršiti hemijsku i mikrobiološku karakterizaciju kompostnih proizvoda i onda sagledati biopotencijal kompostnih proizvoda, koji je utvrđen ispitivanjem klijavosti različitih biljnih vrsta, određivanjem germinacionog indeksa (GI) kao i odnosom kompostnih produkata prema nekim fitopatogenim gljivama i na taj način sagledavanje mogućnosti za njihovu primenu u poljoprivredi.

U pogledu hemijskih karakteristika postoje razlike između kompostnih proizvoda u zavisnosti od vrste polaznog komposta kao i načina pripreme kompostnih proizvoda. Kompostni čajevi, u odnosu na kompostne ekstrakte, su imali više vrednosti pH, suve materije, pepela, ukupnog azota, ukupnog organskog ugljenika. Takođe, u kompostnim čajevima je konstatovan veći sadržaj biogenih elemenata i lakopristupačnih mikroelemenata. Između brojnosti bakterijskih populacija nema razlike između vrsta kompostnih proizvoda, ali su one uočene u brojnosti koliformnih i fekalnih koliformnih bakterija u zavisnosti od vrste kompostnog proizvoda kao i vrste komposta od kojih su dobijeni proizvodi. Kompostni proizvodi su različito uticali na rast i procenat inhibicije fitopatogenih gljiva i rast je zavisio od vrste komposta. Tako su najveći uticaj na rast gljiva *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia* sp. i *Pythium debaryanum* imali kompostni proizvodi dobijeni od duvanskog otpada. Kompostni proizvodi su u najvećem stepenu inhibirali rast *Rhizoctonia* sp., zatim *Pythium deboryanum* i u najmanjem stepenu *Fusarium oxysporum*, gde se stepen inhibicije kretao od 5,7% do 26,2%. Neki kompostni proizvodi stimulisali su jedino rast *Fusarium oxysporum*. Istraživanja su pokazala da je klijavost semena varirala u odnosu na biljnu vrstu, ali bez statistički značajnih razlika između kompostnog ekstrakta i kompostnog čaja. Najniže vrednosti germinacionog indeksa bile su na varijantama kompostnog ekstrakta dobijenog od komunalnog otpada bez razblaženja, a sa njegovim razblaženjem došlo je do povećanja germinacionog indeksa.

Rezultati pokazuju da produkti komposta imaju visoku hranljivu vrednost kao i povoljne mikrobiološke karakteristike, tako da uz kontrolisanu primenu mogu imati potencijal za primenu u održivoj poljoprivrednoj proizvodnji.

Ključne reči: biorazgradljivi otpad, kompost, kompostni ekstrakt, kompostni čaj, procenat inhibicije, germinacioni indeks.

Naučna oblast: Biotehničke nauke

Uža naučna oblast: Melioracije zemljišta

UDK: 633.1; 631.879.4/95; 579.64/69

BIOPOTENTIAL OF COMPOST AND COMPOST PRODUCTS

Summary

The sustainable use of natural resources includes a sustainable management of solid biodegradable communal and agro-industrial waste, contributing to the environmental safety and public health. The industrialisation and the population growth have caused numerous problems in waste management, while the lack of financial resources has additionally hindered the management of waste. As a result of this, this type of waste in Serbia is often treated as a low-value material, i.e. something that ought to be thrown away. In order to achieve sustainable management of communal and agricultural waste, it is necessary to find new methods and apply innovative technologies, in order to make the waste a valuable bio-resource. Composting is recognised as one of the methods that can be used to reduce quantities of organic waste, as well as environmental pollution, in addition to obtaining a valuable product, so that taken in this context composting represents an important area of agricultural biotechnology. The principal aim of the dissertation therefore is to review the possibilities for using compost and compost-based products as a bio-resource in sustainable agricultural production, enabling an output of good-quality products that can be integrated in the modern agricultural production and contribute to the protection and advancement of the quality of the environment.

Compost is not the final product in the organic waste recycling, as it possesses a potential for further processing into other products that can be efficiently used, either in aeration conditions or in their absence. The compost tea and the compost extract are liquid compost products, created by mixing compost with water over a certain period of time. In the paper, biodegradable communal, green and tobacco waste were selected as the basic components used in the process of obtaining compost. Considering the type of the input material, it was necessary to perform the chemical and microbiological characterisation of the compost products before reviewing their bio-potential, which was established by testing the germination potential of the various plant species and determining the corresponding germination index (GI), as well as the interaction

between the compost products and certain phytopathogenic fungi, thus obtaining an insight into the possibilities for their application in agriculture.

As regards their chemical characteristics, the compost products vary depending on the type of the initial compost and the method of compost product preparation. Compared to compost extracts, the compost teas demonstrated higher pH values, as well as higher ashes, total nitrogen and total organic carbon. It was also observed that the compost teas recorded a higher level of biogenic elements and readily available micro-elements. When the numbers of bacteria populations are considered, no difference in this parameter is found among the different types of compost products; however, the type of compost product the type of compost used to obtain the corresponding products resulted in differences in the numbers of coliform and faecal coliform bacteria. The various compost products made a different kind of impact on the growth, while the rate of inhibition of phytopathogenic fungi was also dependent on the type of the compost applied. In this way, the strongest impact on the growth of the *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia* sp. and *Pythium debaryanum* fungi was made by the compost products obtained from the tobacco waste. The growth-inhibiting impact of the compost products was the highest in *Rhizoctonia* sp., then in *Pythium deboryanum*, while it was the lowest in *Fusarium oxysporum*, where the inhibition rate was between 5.7% and 26.2%. Certain compost products demonstrated a stimulating effect only on the growth of *Fusarium oxysporum*. The research showed that the germination potential of the seeds varied in relation to the plant species, however no statistically important difference were found in comparing the use of the compost extract and the compost tea. The lowest values of the germination index were recorded with the variants of the compost extract obtained from the communal waste with no dilution. After diluting the extract, the germination index was increased.

The obtained results have shown that the compost products possess a high nutritional value and favourable microbiological characteristics, making them suitable for a controlled implementation in sustainable agricultural production.

Key words: biodegradable waste, compost, compost extract, compost tea, percentage of inhibition, germination index.

Scientific field: Biotechnical sciences

Major scientific field: Soil menagment

UDK: 633.1; 631.879.4/95; 579.64/69

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. PREGLED LITERATURE	3
3. CILJ ISTRAŽIVANJA	18
4. MATERIJAL I METODE RADA	19
4.1. Pripremanje proizvoda komposta iz različitih vrsta komposta	20
4.2. Hemijske i mikrobiološke karakteristike komposta i kompostnih proizvoda.....	20
4.2.1. <i>Hemijske karakteristike komposta i kompostnih proizvoda.....</i>	20
4.2.2. <i>Mikrobiološke karakteristike komposta i kompostnih proizvoda</i>	22
4.3. Klijavost i rast biljnih vrsta na kompostu i kompostnim proizvodima.....	24
4.3.1. <i>Klijavost i rast biljnih vrsta na kompostu i ostatku od komposta.....</i>	24
4.3.2. <i>Klijavost biljnih vrsta na kompostnom ekstraktu i kompostnom čaju</i>	24
4.4. Matematičko – statističke metode.....	25
5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA.....	26
5.1. Hemijske i mikrobiološke karakteristike komposta i kompostnih proizvoda.....	26
5.1.1. <i>Hemijske karakteristike komposta i kompostnih proizvoda.....</i>	26
5.1.2. <i>Mikrobiološke karakteristike komposta, ostataka komposta i proizvoda komposta.....</i>	34
5.1.3. <i>Uticaj proizvoda komposta na rast fitopatogenih gljiva.....</i>	35
5.1.4. <i>Indeks inhibicije proizvoda komposta na fitopatogene gljive.....</i>	37
5.2. Klijavost biljnih vrsta na kompostu i kompostnim proizvodima.....	39
5.2.1. <i>Klijavost biljnih vrsta na kompostu i ostatku od komposta</i>	40
5.2.2. <i>Klijavost biljnih vrsta na kompostnom ekstraktu i kompostnom čaju</i>	42
5.2.3. <i>Sveža i suva masa biljaka i germinacioni indeks (GI).....</i>	47
6. DISKUSIJA.....	53
6.1. Hemijske i mikrobiološke karakteristike komposta i kompostnih proizvoda.....	53
6.1.1. <i>Hemijske karakteristike komposta i kompostnih proizvoda.....</i>	53
6.1.2. <i>Mikrobiološke karakteristike komposta i kompostnih proizvoda</i>	60
6.1.3. <i>Uticaj proizvoda komposta na rast fitopatogenih gljiva.....</i>	64

6.2. Klijavost biljnih vrsta na kompostu i kompostnim proizvodima.....	68
6.2.1. Klijavost biljnih vrsta na kompostu i ostatku od komposta	68
6.2.2. Klijavost biljnih vrsta na kompostnom ekstraktu i kompostnom čaju	69
6.2.3. Sveža i suva masa biljaka na kompostu i ostatku od komposta i germinacioni indeks	71
7. ZAKLJUČAK	73
LITERATURA	76

1. UVOD

Odlaganje biorazgradljivog otpada predstavlja veliki problem za lokalne zajednice i nosi brojne ekološke probleme. Iskorišćavanje biorazgradljivih produkata najčešće se ne primenjuje planski, što dovodi do zagađenja životne sredine i gubitka potencijalno kvalitetnog produkta. Posebno, veliki problem za životnu sredinu može predstavljati nekontrolisano odlaganje duvanskog otpada sa visokom koncentracijom nikotina, koji je toksičan za čoveka i životnu sredinu. Prema Regulativi Evropske Unije (EPA, 1996) duvanski otpad spada u opasan otpad pri koncentraciji nikotina iznad 0,05% (w/w). Upravljanje komunalnim i agroindustrijskim otpadom predstavlja problem u mnogim zemljama. Kako bi se postiglo održivo upravljanje komunalnim i poljoprivrednim otpadom, moraju se pronalaziti nove metode korišćenja otpada. Kompostiranje se može posmatrati kao dobar način smanjenja količina organskog otpada i zagađenja životne sredine i u tom kontekstu kompostiranje predstavlja značajnu oblast poljoprivredne biotehnologije.

Kompostiranje kao kontrolisan proces biološke degradacije organske materije prema EPA (U.S. Environmental Protection Agency) na više načina može doprineti očuvanju životne sredine.

Kvalitet dobijenog komposta u pogledu hemijskih i mikrobioloških parametara ima odlučujuću ulogu u primeni kako sa aspekta primenjenih količina tako i proizvodnje zdravstveno bezbedne hrane. Prisutna organska materija utiče na plodnost zemljišta, poboljšava strukturu i sposobnosti zadržavanja vlage u zemljištu. Limitirajući faktori za primenu komposta su, pre svega, sadržaj soli, povišena koncentracija teških metala, prisustvo patogenih mikroorganizama, pre svega *Salmonella*, prisustvo nedegradibilnih materijala. Mnoge zemlje imaju definisane standarde o procesu kompostiranja kao i kvalitetu komposta, ali se ti standardi razlikuju od zemlje do zemlje. Naša zemlja još uvek nema te standarde. Hemijska i mikrobiološka kontrola kvaliteta komposta omogućava bezbednu primenu u konvencionalnoj i organskoj poljoprivrednoj proizvodnji.

Istraživanja ukazuju da kompost nije konačan proizvod tokom recikliranja organskog otpada, već se od njega mogu dobiti i drugi korisni proizvodi u uslovima aeracije ili bez aeracije. Kompostni čaj i kompostni ekstrakti su tečni proizvodi

komposta dobijeni mešanjem komposta i vode tokom određenog vremenskog perioda. Primena ovih proizvoda doprinosi boljem snabdevanju biljaka hranljivim nutritijentima a mikrobne populacije koje se nalaze u njima različitim mehanizmima stimulatивно utiču na biljni rast.

Takođe, treba imati u vidu da održiva poljoprivreda teži optimalnom prinosu i kvalitetu useva uz smanjenje primene pesticida, i u tom kontekstu primena komposta i kompostnih proizvoda može predstavljati značajnu oblast profitabilne poljoprivredne biotehnologije. Brojna istraživanja ukazuju da primena komposta i kompostnih proizvoda direktnim i indirektnim mehanizmima doprinosi kontroli štetočina i patogenih mikroorganizama. Eksperimentalni rezultati pokazuju da proizvodi od komposta mogu da inhibiraju rast mnogih fitopatogenih gljiva kao što su *Botrytis*, *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia sp.* i dr.

Kao i kod primene komposta, i kompostni proizvodi koji se primenjuju u poljoprivrednoj proizvodnji moraju biti definisanog hemijskog i mikrobiološkog kvaliteta.

Uticaj komposta i kompostnih proizvoda na klijanje i rast različitih biljnih vrsta može poslužiti kao precizan i brz pokazatelj kvaliteta ovih proizvoda. Na osnovu ovih podataka, kao i podataka o inhibitornom dejstvu na neke fitopatogene gljive može se proceniti biopotencijal ovih proizvoda.

Prihvatanjem otpada kao resursa koji se može primeniti u korisne svrhe mogli bi se sprečiti ozbiljni ekološki problemi uz istovremeno dobijanje kvalitetnih produkata koji se mogu koristiti u biljnoj proizvodnji ali i za rekultivaciju zemljišta i deponija.

2. PREGLED LITERATURE

Najkraće se otpad može definisati kao materijal koji je korišćen i odbačen kao bezvredan ili neželjen. U oblasti životne sredine postoji više definicija otpada, ali je najvažnija ona koju je dala komisija EU i OECD (Organizacija za Ekonomsku saradnju i razvoj). U okvirnoj direktivi o otpadu (75/442/EEC) se kaže da je „otpad svaka materija koju vlasnik namerava ili mora da odbaci.“ U aneksu I ove direktive definiše se 16 kategorija otpada. Većina organskog otpada svrstana je u kategoriju Q14 (poljoprivredni otpad, otpad iz domaćinstva, kancelarijski i komercijalni i sl.). Sinonim za biorazgradljivi otpad je organski, a zapravo znači da je to otpad koji se može biološki, aerobno ili anaerobno, razgraditi. Svake godine u Evropi se prikupi oko 1,3 milijarde tona organskog otpada a ako se tome doda i oko 700 miliona tona poljoprivrednog otpada, jasno je zašto upravljanje otpadom postaje jedan od glavnih aktivnosti koje treba da doprinesu smanjenju negativnog uticaja na životnu sredinu. U mnogim zemljama danas postoje obaveze da se smanji količina biorazgradljivog komunalnog otpada (biodegradable municipal waste - BMW) što se odnosi i na deponije, zbog nedostatka raspoloživog prostora, ali i sve veće zabrinutosti zbog klimatskih promena (EC, 1999). U zemljama kao što je Austrija, Holandija i Danska veoma malo ovog otpada završi na deponijama i u Evropi se sve više prihvata „strategija bez otpada“ (Zero Waste).

Prema Zakonu o upravljanju otpadom („Sl. glasnik RS“, br. 36/2009 i 88/2010) zabranjeno je odlaganje i spaljivanje otpada koji se može ponovo koristiti. Biološki tretman otpada vrši se radi smanjenja odlaganja biorazgradljivog otpada na deponiji, odnosno smanjenja emisije gasova sa efektom "staklene bašte" i njihovog uticaja na životnu sredinu. U Republici Srbiji nije razvijen sistem za organizovano sakupljanje i tretman otpadne mase sa poljoprivrednih površina, šumskih gazdinstava i industrijskih postrojenja u cilju dobijanja obnovljive energije ili dobijanja proizvoda koji imaju upotrebnu vrednost. Procenjuje se da se godišnje proizvede 12,5 miliona tona biomase, pri čemu je energetske potencijal biomase u Srbiji 63-80%, od čega oko 40% čini potencijal drvene mase, a 60% je poljoprivredna biomasa. Dakle, očigledno je da postoji

potreba za primenom novih metoda korišćenja poljoprivrednih ostataka u cilju ostvarivanja održivog upravljanja poljoprivrednim otpadom.

U Bugarskoj se npr. količina neiskorišćenih ostataka iz poljoprivrede procenjuje na 5.000.000 tona godišnje. Imajući u vidu da je kalorijska vrednost biljnih ostataka između 15 i 20 MJ kg⁻¹, neiskorišćeni poljoprivredni ostaci mogu se proceniti na 80,8 PJ što je ekvivalentno 1.9 Mt nafte (Shilev i sar., 2007).

Dakle, očigledno je da postoji potreba za primenom novih metoda korišćenja poljoprivrednih ostataka u cilju ostvarivanja održivog upravljanja poljoprivrednim otpadom.

U fabrikama za preradu otpada radi se na pronalaženju bezbednog, održivog i ekonomski prihvatljivog alternativnog rešenja za odlaganje čvrstog komunalnog otpada. Reciklaža i kompostiranje predstavljaju alternativnu opciju za upravljanje otpadom, s tim da postoji nekoliko negativnih efekata na životnu sredinu (Farrell i Jones, 2009).

Selektovanje komunalnog čvrstog otpada na mestu nastanka (razdvojena hrana i otpad iz dvorišta) regulisano je zakonom od strane Nemačke Savezne vlade 1993. godine. Kao rezultat toga, u Nemačkoj, biogeni otpad se sakuplja svake ili svake druge nedelje i uključuje otpatke od hrane, granja, trave, lišća, i druge frakcije otpada iz dvorišta i pojedine frakcije papira. Prema procenama iz 1993. godine na nedeljnom nivou po osobi se generiše 10,2 kg čvrstog komunalnog otpada, od čega je 2,4 kg otpada biogenog porekla (BMU, 1996). Do 1995. godine, selektovanje biorazgradljivog otpada koji je odlazio na kompostiranje vršilo se u 380 objekata, što je oko 40% od ukupne količine organskog otpada (Kehres, 1995). Očekuje se da ovaj koncept upravljanja otpadom ima značajnu ulogu u očuvanju resursa (BMU, 2013).

Zahtevi tržišta za kompostom visokog kvaliteta prevazilaze trenutno snabdevanje tržišta. Takođe, moguća je proizvodnja smeše supstrata i zemljišta za određene namene. U većini slučajeva, procedne vode i kondenzati iz kompostiranja tretiraju se na licu mesta ili van lica mesta pre puštanja u površinske vode.

Odlaganje otpada na deponije je skupo (oko 40 dolara po toni, uključujući i transportne troške) i smatra se nepovoljnim ekološkim rešenjem zbog stvaranja efekta staklene bašte, naročito metana, u anaerobnim uslovima koji vladaju na deponijama (Lou i Nair, 2009). Takođe, postoji obimna upotreba tresetnih supstrata u izraelskoj hortikulturi, a pošto komposti imaju odgovarajuće fizičke karakteristike, upotreba

komposta pokazala se kao odlična zamena za treset u cvećarstvu (Maher i sar., 2008). U Izraelu, troškovi proizvodnje kvalitetnog komposta iznose trećinu cene uvezenog treseta za cvećarstvo. Za razliku od treseta, zreo kompost može da suzbije širok spektar zemljišnih patogena, što je za proizvođače odlično sredstvo za prevazilaženje ovog potencijalno ozbiljnog problema (Hoitink i Boehm, 1999). Drugi značajan faktor je visoka cena treseta i velika zapremina materijala koji mora da se uvozi iz relativno udaljenih zemalja poput Finske i baltičkih država.

Procenjuje se da se svake godine globalno u svetu proizvede oko 300.275 tona nikotinskog otpada (Dani i sar., 2001). Biljka duvana nema upotrebnu vrednost, a duvanski otpad koji nastaje u procesu proizvodnje cigareta smatra se opasnim otpadom usled sadržaja nikotina, tako da su duvanske kompanije u obavezi da ga u skladu sa zakonskom regulativom koja se odnosi na opasan otpad i odlažu. Najčešće se biljke duvana spaljuju, što dovodi do zagađenja vazduha.

Nagli porast humane populacije u svetu uz povećanje ljudske aktivnosti, doveo je do ozbiljnih ekoloških problema kao što su zagađenje zemljišta i voda, uništavanje šuma i sl. U budućnosti ovi problemi mogu izazvati globalne klimatske promene (efekat staklene bašte) i biti pretnja za opstanak ljudske populacije. Brojni industrijski procesi, uključujući poljoprivredu i proizvodnju hrane, dovode do nastanka velikih količina otpada. U bliskoj budućnosti upravljanje poljoprivrednim i agroindustrijskim otpadom će igrati važnu ulogu u očuvanju prirodnih resursa, uključujući i region Balkana (Shilev i sar., 2007).

Kompostiranje je aerobni proces gde različite mikrobne populacije postepeno obavljaju proces transformacije organske materije uz istovremenu sintezu humusnih materija, a fizička i hemijska svojstva polaznih sirovina određuju dalji tok procesa (Barrena i sar., 2011).

Kompostiranje predstavlja unosnu oblast poljoprivredne biotehnologije. Stoga je osnovni cilj upravljanja poljoprivrednim otpadom smanjenje proizvodnje otpada, a time i zagađenje životne sredine uz poboljšanje metoda recikliranja supstrata (CEBAR, 2006).

Tokom kompostiranja, deo organske materije je mineralizovan do ugljen-dioksida, amonijaka i vode, a drugi deo je pretvoren u huminske supstance koje su strukturalno veoma slične onima koje su prisutne u zemljištu. Proces se odvija

zahvaljujući različitim populacijama mikroorganizama, čija dinamika populacije varira vremenski i prostorno, pri čemu dolazi do povećanja temperature kao posledice aktivnosti termofilnih mikroorganizama (Swan i sar., 2002).

Čvrst komunalni otpad (MSW) je vrsta čvrstog otpada iz domaćinstava, komercijalnih i industrijskih objekata. MSW se sastoji od svakodnevnih ostataka u domaćinstvu kao što su papirni omoti od pakovanja proizvoda, pokošena trava, ostaci od nameštaja, odeće, flaše, hrana, novine, tehnika, boje i baterije. Ona ne obuhvata medicinski, komercijalni i industrijski opasan ili radioaktivni otpad, koji se mora tretirati odvojeno. Proizvodnja čvrstog komunalnog otpada je neizbežna posledica potrošačkog društva današnjice. Ovaj otpad se, međutim, ne reciklira, naročito u zemljama u razvoju, i, pored gubitka korisnih hranljivih materija, predstavlja ozbiljnu pretnju za životnu sredinu.

Kompostiranje čvrstog komunalnog otpada (MSW) predstavlja metod zbrinjavanja organskih otpadnih materija koje su odlagane na deponije, uz relativno niske cene, pri čemu se dobija kompost koji je pogodan za poljoprivredne svrhe (Wolkowski, 2003), zemljište i stimulisanje rasta biljaka (Bhattacharyya i sar., 2003). Takođe, MSW kompost može povećati rast biljaka na degradiranim zemljištima industrijskih zona, poboljšati kvalitet zemljišta i njegovu strukturnu stabilnost, kao i smanjiti rizik od erozije zemljišta (Farrell i Jones, 2009). Primarna korist od MSW komposta je visok sadržaj organskih materija (Soumare i sar., 2003), a koji takođe doprinosi kvalitetu zemljišta, njegovoj agregatnoj stabilnosti i vodnom kapacitetu, a sve zajedno utiče na porast biljaka (Amlinger i sar., 2007).

Zeleni otpad (GW) može imati poljoprivredno, industrijsko i urbano poreklo i najčešće je heterogenog i sezonskog karaktera. Smatra se da je kompostiranje ovog materijala dobar način za ponovnu upotrebu poljoprivrednih ostataka (Suarez-Estrella i sar., 2007). Vrednost ove vrste otpada je, pre svega, nizak sadržaj polutanata (Abdul Khalil i sar., 2008).

Kompostiranjem duvanskog otpada, koji pripada specifičnom agroindustrijskom otpadu, smanjuje se opasni otpad, a pri tome se dobija koristan proizvod (Saithep i sar., 2009). Chaturvedi i sar. (2008) navode da je duvanski otpad bogat azotom (2,35%), kalijumom (1,95%), i fosforom (973 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$). S druge strane, pojedini zemljišni mikroorganizmi, kao što su *Arthrobacter nicotianae*, *A. nicotinovorans*, *A. globiformis*,

Enterobacter cloacae, *Pseudomonas putida*, *Cellulomonas* sp., mogu da vrše degradaciju nikotina (Hochstein i Rittenberg, 1958; Schenk i sar., 1998). Saltali i Brohi (1993) su utvrdili da primena duvanskog otpada na veštački isušanim alkalnim zemljištima doprinosi poboljšanju fizičkih i hemijskih svojstava, uključujući i dostupnost hranljivih materija za biljke. Na alkalnim zemljištima na kojima je primenjen duvanski otpad, došlo je do povećanja sadržaja nitrata i ugljen-dioksida, kao i povećanje prinosa zrna pšenice u odnosu na primenu drugih organskih materijala (Durak i sar., 1986).

Palm i sar. (2001) su predložili da se duvanski otpad pomeša sa mineralnim đubrivima, ili koristi kao sirovina za kompostiranje, jer sadrži <2,5% N i >15% lignina. Adediran i sar. (2003) su, međutim, ukazali da duvanski otpad deluje negativno na mikroorganizme u zemljištu, a kao razlog za ovo su naveli nikotin prisutan u otpadu. Nikotin je insekticid i smatra se da izaziva toksične efekte u biljkama i životinjama (Baldwin i Callahan, 1993). Direktna primena duvanskog otpada može nepovoljno uticati na ekološku ravnotežu u zemljištu. Međutim, kompostiranjem duvanskog otpada ubrzava se razgradnja nikotina, a kompost sadrži manje toksičnih i više korisnih organskih materija (Adediran i sar., 2004). Kao potvrda ovoj tvrdnji, Okur i sar. (2008) navode da je moguće koristiti duvanski otpad zbog visokog sadržaja organske materije i niskog sadržaja toksičnih elemenata. Primena duvanskog otpada (TW) i stajnjaka sa farmi doveli su do značajnog povećanja prinosa zelene salate u odnosu na kontrolu. Rezultati ukazuju da primena TW može poboljšati hemijske i biološke parametre zemljišta kao i prinos useva u aridnim područjima, a posebno u mediteranskim zemljama, koje i karakteriše nizak sadržaj organskih materija.

Ozguven i sar. (1997) sugerišu da se duvanski kompost može koristiti kao alternativa stajnjaku za veći i raniji prinos. Chaturvedi i sar. (2008) u svojim istraživanjima su utvrdili da primena duvanskog otpada obezbeđuje zemljište ugljenikom i hranljivim resursima, a što je verovatno i uzrok povećanja nivoa nutrijenata poput likopena. Istraživanjima je utvrđeno da je najveći prinos paradajza postignut upotrebom 3% suvog duvanskog otpada (a što je bila i najviša doza u tretmanima).

Kompost se široko koristi kao prirodno đubrivo za zemljište i dodatak u ishrani za bašte i poljoprivrednu proizvodnju. Sposobnost komposta da hranljive materije postepeno oslobađa u dužem vremenskom periodu omogućava potencijalnu upotrebu

optimalnih količina hranljivih materija koje dospevaju u životnu sredinu (Zhimang i sar., 2011).

Primenom komposta u poljoprivrednim zemljištima može se postići sledeće: poboljšanje agregatne strukture zemljišta, koja zajedno sa plodnošću i drugim činiocima dovodi do veće produktivnosti; povećanje poroznosti zemljišta koja povećava njegovu sposobnost zadržavanja vode (bolji vodno vazdušni režim); bolje formiranje rastvorljivih jedinjenja mikrohraniva čime se povećava njihova dostupnost za biljke; povećanje zemljišne sposobnosti razmene katjona; povećanje pufernog kapaciteta zemljišta usled dodavanja koloida i humusnih supstanci (Kiehl i sar., 1985).

U stvari, pored primene u poljoprivredi, kompost nastao od komunalnog otpada koristi se i u smeši sa zemljištem ili industrijskim otpacima za stvaranje antropogenih zemljišta koja se koriste u melioraciji rudnika šljunka, lokacija sa ostacima uglja, zaustavnih traka na putu, terena na kojima se nalaze napušteni otvoreni kopovi (Munshower, 1994; Peot i Thompson, 1996).

U studiji (Commercial Food Waste Composting, 2002) navodi se da su optimalne karakteristike mešavine otpadaka od hrane koja se koristi za kompostiranje sledeće: sadržaj vlage 55 do 60 %, isparljivih materija 60 do 90 %, gustina 900 do 1.200 kg/m³, C/N odnos 25-40:1, pH 6,0-7,5, poroznost >35% ispunjenosti pora vazduhom.

Kompostiranje čvrstog komunalnog otpada ima potencijal kao korisno sredstvo za reciklažu. Njegovo bezbedno korišćenje u poljoprivredi, međutim, zavisi od proizvodnje kvalitetnog komposta, odnosno komposta koji je zreo i sa dovoljno niskim sadržajem metala i soli. Najbolji način za smanjenje sadržaja metala i poboljšanje kvaliteta komposta komunalnog čvrstog otpada je selektovanje otpada pre kompostiranja (Hargreaves, 2008).

Kvalitet komposta se određuje na osnovu analize brojnih hemijskih i mikrobioloških parametara. Alkalna reakcija je veoma važan indikator, jer su mikroelementi i metalni katjoni rastvorljivi i dostupni za biljke u kiseloj sredini, a u alkalnoj su manje dostupni (Brady i Weil, 1996). Dakle, važna činjenica je da primena MSW komposta zavisi od pH zemljišta (Mkhabela i Warman, 2005; Zhang i sar., 2006). Treba uzeti u obzir volatizaciju amonijaka u uslovima pH vrednosti iznad 8,2 i inhibiciju nitrifikacije usled visokih pH vrednosti (Reeve i sar., 2010). Postoji apsolutni nivo organske materije čiji je sadržaj idealan u smislu kvaliteta komposta, a kada se

primenjuju veće količine komposta mora se voditi računa o zrelosti komposta, sadržaju azota, kao i njegovoj nameni (Moldes i sar., 2007).

Primena MSW komposta je najčešće preko 50 t/ha, jer je samo mali deo ukupnog N u kompostu na raspolaganju biljkama u prvoj godini nakon primene (deHaan, 1981). Ovako visoka primena komposta može dovesti do preteranog unošenja drugih hranljivih materija i mikroelemenata. Umesto toga, vrsta i odnos sirovine za kompostiranje i proces kompostiranja treba da budu fokusirani na povećanje sadržaja neorganskog N u kompostu ukoliko se koristi kao đubrivo. Mineralizacija organskog N u kompostu zavisi od mnogo faktora, uključujući C/N odnos u sirovinama, uslove kompostiranja, zrelost komposta, vreme primene i kvalitet komposta (Amlinger i sar., 2003). C/N odnos je važan parametar zrelosti komposta, koji može zavistiti od varijacija organske materije i njenih karakteristika. Promena u odnosu ugljenika i azota srazmerno odražava raspadanje organskih materija i stepen stabilizacije tokom kompostiranja. Shodno tome, pokazatelji istraživanja ukazali su da svi proizvodi zrelog komposta imaju odnos C/N 12-14:1.

Električna provodljivost (EC) u zemljišnom rastvoru se odnosi na sadržaj rastvorenih materija zemljišta i često se koristi za merenje sadržaja soli u zemljištu (Brady i Weil, 1996). Istraživanjem odabranih MSW komposta utvrđeno je da je EC komposta bila mnogo veća, nego EC kod poljoprivrednog zemljišta, zbog čega bi njihovo korišćenje u poljoprivredi moglo da inhibira klijavost semena (He i sar., 1995). Nivoi EC u poljoprivrednom zemljištu su u rasponu od 0 to 4 dS m⁻¹, dok se kod MSW komposta kretala od 3,69 do 7,49 dS m⁻¹ (Brady i Weil, 1996).

Odnos NH₄/NO₃ 0,051-0,12:1 je, takođe, parametar zrelosti komposta, a vrednosti ispod 1 ukazuju na to da je kompost zreo (Rashad i sar., 2010). Zaključeno je da MSW kompost ima visok kapacitet snabdevanja biljaka P, ukoliko je zreo kompost, jer koncentracija P iz čvrstog komunalnog otpada ima tendenciju rasta tokom kompostiranja (Iglesias-Jimenez i sar., 1993; Wolkowski, 2003). Nivo fosfora u čvrstom komunalnom otpadu nije regulisan standardima CCME ili EPA (CCME, 2005; U.S.EPA, 2000).

Uprkos povoljnim uticajima komposta na poboljšanje plodnosti zemljišta i drugih osobina zemljišta, visoke koncentracije mikroelemenata u ovom materijalu mogu da predstavljaju problem i ograničavajući faktor u njegovom iskorišćavanju. Usvajanje

metala od strane biljke iz zemljišta u velikim koncentracijama može da stvori velike rizike po zdravlje, imajući u vidu lanac ishrane. Apsorpcija putem korena predstavlja jedan od glavnih puteva za ulazak teških metala u lanac ishrane (Jones i Jarvis, 1981). Biljke koje se proizvode za hranu, čiji se sistem iskorišćavanja zasniva na intenzivnoj i stalnoj proizvodnji, imaju veliku sposobnost ekstrahovanja elemenata iz zemljišta (Furlani i sar., 1978). Gajenje ovih biljaka u kontaminiranim zemljištima može da predstavlja rizik pošto teški metali mogu da se akumuliraju u biljnim tkivima.

Mešoviti MSW sadrži nečistoće kao što su plastika, staklo, proizvodi drveta i metala, koji su nekompostabilne komponente. Međutim, jedan nedostatak MSW komposta je visok sadržaj teških metala, i često se pominju metali u tragovima, koji ostaju u gotovom proizvodu komposta (Epstein i sar., 1992; Woodbury i Breslin 1992).

Koncentracije teških metala u kompostiranom komunalnom otpadu zavise od kvaliteta matičnog supstrata, kao i od primenjene tehnike kompostiranja, koja se bira na osnovu fizičkih osobina sirovina (Smith, 1992). Raznovrstnost materijala u otpadu nastalom u velikim gradovima je mnogo veća od raznovrstnosti materijala u otpadu iz malih gradova, čime se može objasniti činjenica da je kontaminiranost komposta najveća u gradovima sa velikim brojem stanovnika.

Primena komposta radi poboljšanja prinosa poljoprivrednih kultura bez vođenja računa o mogućim negativnim posledicama može da predstavlja problem zbog toga što se komposti dobijeni od otpada najviše primenjuju u cilju poboljšanja kvaliteta zemljišta koje se koristi za gajenje povrća. Imajući u vidu jestive delove biljaka kod većine povrtarskih vrsta, treba posebnu pažnju posvetiti rizicima prenošenja teških metala iz zemljišta preko biljaka na ljude.

Ukupna količina metala u zemljišnom sistemu ima ograničen agronomski značaj. Usvajanje metala od strane biljaka, preko korena, zavisi od njihove koncentracije i oblika u kojima se joni metala nalaze u zemljišnom rastvoru. Povećane koncentracije lako rastvorljivih jona rezultuju povećanim transportom u nadzemne delove biljaka a time ulazak metala u lanac ishrane životinja i ljudi. Teški metali su prisutni u nekoliko geohemijskih frakcija zemljišta koje utiču na rastvorljivost, pokretljivost i dostupnost ovih metala za biljke. Pokretljivost i zadržavanje metala u zemljištu zavise od složenih interakcija sa organskim i neorganskim čvrstim fazama (Brady, 1989).

Dostupnost teških metala iz komposta dodatog zemljištu može se dovesti u vezu sa zrelošću komposta. Međutim, dostupnost metala biljkama se smanjuje usled formiranja jedinjenja sa humusnim supstancama (Garcia i sar., 1991).

Drugi faktor koji utiče na dostupnost metala iz komposta za biljke jeste vremenski razmak (tj. vreme koje je proteklo) između primene komposta i rasta biljke. Odmah po unošenju komposta u zemljište, vrši se mobilizacija metala prisutnih u kompostu kroz zemljišne frakcije.

Zhou i sar. (2012) su ispitivali uticaj zagađivača, uključujući alkalne baterije, pocinkovane elemente, cink-pozlaćene šrafove, bakarne žice i elektronske kablove na sadržaj teških metala u kompostu nakon 21 dan termofilne faze kompostiranja. Utvrđeno je da prisustvo bakarnih žica, pocinkovanih eksera i alkalnih baterija dovodi do povećanja nivoa Cu, Zn, As, Pb, i Co u kompostu. Ovi elementi u tragovima imaju tendenciju da se akumuliraju u zemljištu, ukoliko se dugoročno primenjuju, a potencijalno mogu biti toksični za ljude i životinje, naročito ako se nalaze u zemljištu u visokim koncentracijama (CCME, 2005). U cilju zaštite javnog zdravlja i životne sredine, Canadian Food Inspection Agency (CFIA) je utvrdila standarde prihvatljivih maksimuma koncentracije metala u kompostu, kao i prihvatljive maksimume za kumulativni dugoročni sadržaj u zemljištu, tj. za 45 godina (CFIA, 1997). Kanadski Savet ministara životne sredine (CCME) je takođe predložio ograničenja u sadržaju mikroelementa komposta. CCME precizira da se proizvodi komposta mogu klasifikovati u dve grupe (A kategorija - neograničena upotreba i B kategorija - ograničena upotreba) na osnovu kvaliteta komposta, koji se odnose koncentracije mikroelemenata. U kategoriji B ograničenja su zasnovana na standardu CFIA (CCME, 2005). Da bi kompost imao neograničenu upotrebu, neophodno je da ima nizak nivo mikroelemenata, odnosno u tragovima.

Termofilna faza, koja nastaje tokom aerobnog kompostiranja uzrokovana je razmnožavanjem mikroorganizama, koju karakteriše povećanje temperature od 45-70°C (Poincelot, 1975). Ova faza je takođe važna za smanjenje populacije patogena u MSW kompostu, koji ne mogu da opstanu na ovako visokim temperaturama. Brojnost ukupnih fekalnih koliforma, a posebno *Escherichia coli*, *Streptococcus*, *Staphylococcus*, *Salmonella*, i *Shigella* smanjena je u velikoj meri u kompostu MSW kada je temperatura komposta dostigla temperaturu preko 55°C (Hassen i sar., 2001). Međutim, ponovni rast

fekalnih koliformnih bakterija je primećen u svim testiranim kompostima, i može predstavljati rizik za zdravlje ljudi tokom okretanja gomila komposta (Hargreaves, 2008).

Prihvatanjem otpada kao resursa koji se može primeniti u korisne svrhe mogli bi se sprečiti ozbiljni ekološki problemi i istovremeno dobio kvalitetan produkt koji se može koristiti kao hranivo u biljnoj proizvodnji i za rekultivaciju zemljišta i deponija.

Brojna istraživanja ukazuju i na mogućnost dobijanja kompostnih proizvoda koji takođe imaju pozitivne efekte na plodnost zemljišta, suzbijanje biljnih bolesti, klijavost biljnih vrsta i dr. Kompost predstavlja sirovinu za dobijanje tečnih produkata komposta: kompostnih ekstrakata i kompostnog čaja.

Izrazi „kompostni ekstrakt“ i „kompostni čaj“ korišćeni su kao sinonimi. Međutim, u pojedinim radovima, kompostni ekstrakt i kompostni čaj smatraju se zasebnim proizvodima. Izraz „kompostni ekstrakt“ koristi se u literaturi za definisanje vodenih ekstrakata pripremljenih primenom niza različitih metoda (Scheurell i Mahaffee, 2002).

Ekstrakti, kao produkti komposta, sastoje se uglavnom od enzima, hormona i rastvorljivih hranljivih materija. Ekstrakti povećavaju rast biljaka kroz poboljšanje strukture zemljišta, hranljivu vrednost zemljišta i zadržavanje vodnog kapaciteta. Procedna voda iz komposta takođe sadrži velike količine biljnih hraniva i može se koristiti kao tečno đubrivo, ali i kao razređen rastvor da bi se izbeglo oštećenje biljaka (Gutierrez-Miceli i sar., 2008). Zbog toga, kvalitet kompostnog ekstrakta zavisi od porekla, kvaliteta i kvantiteta dodate vode. Postoje jaki dokazi da i primena kompostnog čaja proizvodi merljive koristi. Ovi efekti zavise od kvaliteta komposta koji se koristi za proizvodnju kompostnog čaja (Carballo i sar., 2009).

Izrazi: kompostni ekstrakt, vodeni fermentisani kompostni ekstrakt, natopljeni kompost, poboljšan ekstrakt i kompostni tečni stajnjak odnosili su se, u prošlosti, na fermentaciju bez primene aeracije. „Kompostni ekstrakt“ (Weltzein, 1989), „vodeni fermentisani kompostni ekstrakt“ (Weltzein, 1991) i „natopljeni kompost“ (Hotink i sar., 1997) predstavljaju približne sinonime definisane kao zapreminski odnos 1:5 do 1:10 komposta i vode, fermentisane bez mešanja na sobnoj temperaturi tokom određenog vremenskog perioda.

„Poboljšani ekstrakti“ su kompostni ekstrakti koji su fermentisani uz dodatak hranljivih materija ili mikroorganizama pre primene (Weltzein, 1991). Izraz „kompostni tečni stajnjak“ odnosi se na neaerisane kompostne čajeve pre procesa filtracije (Cronin i sar., 1996). Danas se kompostni ekstrakti sve češće nazivaju „filtriranim proizvodima komposta pomešanog sa bilo kojim rastvaračem (obično vodom), ali koji nije fermentisan“ (Scheurell i Mahaffee, 2002).

Kompostni čaj je izraz koji se u naučnoj javnosti (u SAD-u i Evropi) primenjuje za označavanje filtriranog proizvoda komposta fermentisanog u vodi (Brinton, 1996; Litterick i sar., 2004; Scheurell i Mahaffee, 2002). Kompostni čajevi dobijaju se ponovnim cirkulisanjem vode kroz rastresit kompost ili poroznu vreću ili kutiju komposta okačenu iznad ili unutar tanka da bi se održali aerobni uslovi (Litterick i sar., 2004). Proizvod dobijen ovom metodom se naziva i „aerisanim kompostnim čajem“ i „organskim čajem“ (Riggle, 1996).

Metode koje se koriste u proizvodnji kompostnog čaja mogu se podeliti na dve grupe: sa primenom aeracije ili bez primene aeracije. Sistemi sa primenom aeracije podrazumevaju neprekidno dodavanje vazduha, pri čemu je vreme proizvodnje kraće (obično 24h). Postoje mnogi patenti koji primenjuju ovu proizvodnu metodu. Dodavanje hranljivih materija (melase, rastvorljive morske trave, kamenog praha) često se primenjuje u ovim sistemima, sa ciljem da se poveća brojnost mikrobne populacije. Kod metoda proizvodnje gde se ne primenjuje aeracija, smeša se ne meša ili se minimalno meša nakon početnog mešanja (Scheuerell i Mahaffee 2002), a koncentracija rastvorenog kiseonika u ekstraktu opada ispod 5,5 ppm (Ingham, 2002).

Kompostni čaj sadrži hranljive sastojke i niz različitih organizama a može se primeniti na zemljištu ili direktno za useve. U tom smislu, kompostni čajevi se smatraju kao potencijalna alternativa upotrebi sintetičkih hemijskih fungicida, kao i da oni predstavljaju sredstva za kontrolu biljnih patogena koji se smatraju bezbednijim za zdravlje i životnu sredinu (Siddiqui i sar., 2009).

Postoje dokazi o tome da su Rimljani koristili kompostne čajeve, a antički Egipćani preparate na bazi kompostnih ekstrakata još pre 4.000 godina. Interesovanje za kompostne čajeve opalo je uvođenjem pesticida u 20. veku, jer pesticidi uglavnom obezbeđuju bolju, pouzdaniju kontrolu većine bolesti lista (folijarnih bolesti). Međutim, nedavni porast primene metoda održive i organske proizvodnje, zajedno sa problemima

vezanim za primenu pesticida, dovode do porasta broja naučnih radova i publikacija o kompostnim čajevima (Litterick i sar., 2004).

Sve veća pažnja u svetu poklanja se problemima vezanim za primenu štetnih hemikalija u suzbijanju biljnih bolesti. Takođe, patogeni postaju otporni na pesticide zbog čega se povećava koncentracija primene pesticida koja izaziva povećano zagađenje životne sredine i poremećaj ekološke ravnoteže. U održivim poljoprivrednim sistemima, neobnovljivi petrohemijski resursi bi trebalo da budu zamenjeni biološkim obnovljivim resursima (Quimby i sar., 2002).

U brojnim studijama je ispitana sposobnost kompostnog čaja da suzbije biljne bolesti, ali postoji malo podataka o mogućem uticaju izvesnih činilaca povezanih sa proizvodnim procesom, poput vremena ekstrakcije, aeracije, temperature i pH, na kvalitet čaja (Line i Ramona, 2003).

Kompostiranjem ostataka hrane i trave izdvoji se najviše procednih voda. Na primer, u laboratorijskim eksperimentima kompostni ekstrakti pripremljeni od trava sadrže $1631 \text{ mgx}l^{-1} \text{ NH}_4^+-\text{N}$. Hemijske i fizičke karakteristike biogenog otpada i komposta nastalih od biogenog otpada u pogledu sastava zavisi i od perioda uzorkovanja tokom godine (Krogmann i Woyczehowski, 2000).

Brojni autori su ispitivali fizičko hemijske karakteristike ličata i kompostnih čajeva. Bartlett (2006), je utvrdio sledeće karakteristike ličata: pH – 8, Cu – $0,048 \text{ mgx}l^{-1}$, Zn – $0,17 \text{ mgx}l^{-1}$, NH_4-N – $0,12 \text{ mgx}l^{-1}$, BOD_5 – 13, TDS – 592, E.Coli – 30 MPN. Kompostni čaj je imao sledeće karakteristike: pH – 7,6, NH_4N – $0,19 \text{ mgx}l^{-1}$, dok ostali parametri koji su utvrđeni u kompostnim ekstraktima, u čajevima nisu detektovani.

Marques i Hogland (2001) su analizirali kompostni čaj, koji je nastao od polaznih sirovina (46% biodegradibilni MSW pomešan sa ostacima hrane): pH 6,9-8,3, ukupni N 8-150 $\text{mgx}l^{-1}$, NH_4 0,45-31,35 $\text{mgx}l^{-1}$, Cl 272-3.762 $\text{mgx}l^{-1}$, Fe 0,11-2,10 $\text{mgx}l^{-1}$, Mn 0,07-0,16 $\text{mgx}l^{-1}$, Zn 28-98 $\text{mgx}l^{-1}$, Cu 39-234 $\text{mgx}l^{-1}$, Pb 4,0-12,0 $\text{mgx}l^{-1}$, Cr 1,8-5,5 $\text{mgx}l^{-1}$, Cd 0,3-2,1 $\text{mgx}l^{-1}$, Hg <0,6-3,0 $\text{mgx}l^{-1}$, BOD_7 12-260, COD 64-600, TOC 57-410, P 5,35-32,0 $\text{mgx}l^{-1}$, Ca 28-2620 $\text{mgx}l^{-1}$, Ni 30,25-610,4 $\text{mgx}l^{-1}$, Co 3,80-80,7 $\text{mgx}l^{-1}$.

Klijanje semena je prvi korak u razvoju biljaka i bilo kakav negativan uticaj u ovoj fazi se direktno odražava na opstanak biljke (Wang i sar., 1992). Klijanje se može upotrebiti kao brz pokazatelj u ispitivanjima fitotoksičnosti, čak i u slučajevima kada

ova ispitivanja ne pružaju informacije o intenzitetu toksičnih uticaja (Wang i Keturi, 1990).

Geiger i sar. (1993) ispitivali su obnovu vegetacije na lokaciji zagađenoj kadmijumom, bakrom i cinkom, ispitujući uticaj različitih metoda remedijacije supstrata na klijavost i rast biljaka *Lepidium sativum* i *Lactuca sativa*. Rezultati istraživanja su pokazali da bez obzira na sadržaj teških metala u zemljištu, koji su uticali na razvoj korena sejanaca, ove biljne vrste su mogle da klijavu.

Na klijavost semena mogu uticati neorganska i organska hemijska jedinjenja prisutna u zemljištu. Salinitet često inhibira klijavost semena biljaka, delujući na usvajanje vode koje je od ključnog značaja za klijavost (Bewley i Black, 1994). Biljke osetljive na prisustvo soli mogu da se razvijaju u rastvoru soli pri provodljivosti manjoj od 4 mS/cm, dok na tolerantne vrste ne mogu da utiču koncentracije do dva puta veće od pomenute granične vrednosti.

Za razliku od predhodnih navoda, Leita i De Nobili (1991) i Ciavatta i sar. (1997) ukazuju da salinitet nije odgovoran za smanjenje klijavosti i povećanje prosečnog vremena klijanja. Kao što se moglo očekivati, količina teških metala u 100% kompostnom supstratu je značajno veća od količine u ostalim varijantama, verovatno zbog vezivanja metala za površinu organskih i neorganskih koloida supstrata. Međutim, ove količine teških metala, kako navode Geiger i sar. (1993), nastale su u uslovima graničnih toksičnih vrednosti za ispitivane vrste. Prema tome, može se pretpostaviti da prisustvo rastvorljivih toksičnih metabolita nastalih tokom procesa stabilizacije komposta (Zucconi i sar., 1981) ili drugih organskih zagađivača može da objasni primećene uticaje na klijavost semena.

Hernandez i sar. (1999) su utvrdili postepeno povećavanje sadržaj Na kod trava i leguminoza pri tretmanu procednim vodama, a takođe povećan je i sadržaj Ca i Mg kod mahunarki. Težina suve mase leguminoza i trava značajno se smanjuje ukoliko se biljke tretiraju procednim vodama koje su kontaminirane visokim koncentracijama soli.

Raphael i sar. (2003) su utvrdili da dodavanje ličata u zemljište dovodi do značajnog povećanja Na⁺ jona. Prisustvo kompostnih ekstrakata ne utiče na klijanje kod *Festuca arundinacea*, dok je *Lolium multiflorum* mnogo osetljiviji na prisustvo ekstrakata. Veći sadržaj komposta u smeši zemljišta izazvao je zastoj u klijanju svih trava. Većina leguminoza je bila u mogućnosti da proklija na ekstraktima iz zemljišno-

kompostne smeše, ali je vreme klijanja odloženo, dok *Trifolium pratense* ima najveću osetljivost u uslovima prosečnog vremena klijanja. Kod autohtonih biljaka *Lepidium sativum*, *Matricaria chamomilla* i *Sanguisorba officinalis* nema negativnih efekata na klijavost kada se tretiraju ekstraktima koji potiču od MSW komposta, a na klijavost *Amaranthus cruentus* uticao je MSW supstrat, i to usled visoke specifične osetljivosti na toksične komponente ekstrakata iz MSW zemljišno-kompostnih smeša (Marchiol i sar., 2002).

Mikroorganizmi uglavnom bakterije i gljive, igraju presudan značaj za obezbeđivanje hraniva za biljke. Mnogi mikrobni procesi su od suštinske važnosti za dugoročnu održivost poljoprivrednih sistema (Wardle i Ghani, 1999).

Biološko suzbijanje plamenjače predstavlja alternativu hemijskom suzbijanju koja zahteva detaljnije ispitivanje. Jindal i sar. (1988) istraživali su antagonistički uticaj šest gljiva prisutnih na lisnoj površini u sprečavanju *Phytophthora infestans* u laboratorijskim uslovima i u zatvorenom prostoru (u stakleniku). Utvrdili su da su maksimalno inhibitorno dejstvo *in vitro* imale gljive *Penicillium aurantiogriseum*, a zatim *Fusarium equiseti*, *Mucor hiemalis*, *Trichoderma koningii*, *Epicoccum purpurascens* i *Stachybotrys atra*. Primena spora svih ispitivanih gljiva pojedinačno na biljke krompira značajno je smanjila intenzitet plamenjače i maksimalno suzbijanje bolesti u iznosu od 93%, a što je postignuto pri primeni spora gljive *P. aurantiogriseum* 12 časova pre inokulacije patogenom.

Rezultati ispitivanja koja su sprovedeli Daayf i sar. (2003) pokazali su da bakterije koje vrše aktivnost biološkog suzbijanja pripadaju rodovima *Bacillus*, *Pseudomonas*, *Rahnella* i *Serratia*. Utvrđeni mehanizmi inhibicije bili su sledeći: mehanizmi koji su se dešavali direktno, putem antibioze i (ili) indirektno, putem indukcije zaštitnih sistema biljke.

DeCeuster i Hoitink (1999) su konstatovali da se trulež korena, uzrokovana patogenima *Pythium* i *Phytophthora*, može najefikasnije suzbiti, na hranljivoj podlozi u sudovima, dodavanjem kompostirane kore drveta. Međutim, neki rezultati su pokazali da je primena organskih đubriva dovela do povećanog razvoja nekih bolesti. Na primer, Chauhan i sar. (2000) utvrdili su da je primenom većih doza stajskog đubriva u količini od 25 do 75 t/ha povećan intenzitet bolesti truleži korena (*Rhizoctonia solani*) kod karfiola.

Utjecaji primene komposta bilo kao ekstrakata u tretiranju lišća ili kao zemljišnih poboljšivača na suzbijanje biljnih bolesti mogu biti posledica direktnih antifungalnih efekata ili efekata koji izazivaju otpornost/jaćanje biljke. Međutim, mehanizmi funkcionisanja kompostnih ekstrakata nisu sasvim poznati, ali variraju u zavisnosti od odnosa između biljke domaćina, patogena i načina primene.

Goldstein (1998) je naveo da komposti i kompostni ekstrakti aktiviraju gene za otpornost prema biljnim bolestima koji nastaju kao reakcija na prisustvo patogena. Oni pokreću hemijske odbrambene mehanizme protiv invazije patogena, iako je često prekasno da bi se bolest mogla izbeći. Kod biljaka koje rastu u kompostu, ovi sistemi sprečavanja bolesti su, verovatno, već aktivirani (Sullivan, 2001).

Brinton i sar. (1996) istraživali su kompostne čajeve u odnosu na njihov razvoj i primenu u suzbijanju gljiva biljnih patogena kao što je plamenjača krompira. Utvrdili su da su glavni činioci koji utiču na efikasnost – zrelost komposta (ekstrakti dobijeni iz zrelijeg komposta su efikasniji od onih dobijenih iz mlađeg komposta) i osobina sastojaka izvornih sirovina.

Dakle, očigledno je da postoji potreba za primenom novih metoda korišćenja poljoprivrednih ostataka u cilju ostvarivanja održivog upravljanja poljoprivrednim otpadom.

Ryan i sar. (2005) ispitivali su primenu aerisanih vodenih ekstrakata ili čajeva iz komposta u suzbijanju bolesti lista. Nekoliko istraživanja o efikasnosti tretiranja izdanaka kompostnim čajevima pokazala su da su patogeni lista efikasno suzbijeni i da je inhibitorni efekat izazvan od strane konkurentnih korisnih organizama i/ili stvaranjem antibiotika od strane korisnih organizama. Osim toga, u radovima autora (Weltzien i Ketterer, 1986; Stindt, 1990; Hoitink i sar., 1997; Zhang i sar., 1998), izvršena je i indukcija otpornosti kod biljke domaćina primenom komposta i kompostnog čaja.

Brojna istraživanja ukazuju na ekološku i ekonomsku opravdanost primene komposta u suzbijanju biljnih bolesti, ali treba imati na umu da primena komposta ne može eliminisati primenu fungicida ali može doprineti smanjenju njihove primene. Sadašnji trend o kvalitetu hrane koji ne toleriše ostatke pesticida u svežem voću i povrću podstiče primenu bioloških, odnosno, ne-hemijskih sredstava kontrole štetočina i bolesti (Reuveni i sar., 2002).

3. CILJ ISTRAŽIVANJA

Osnovni cilj doktorske disertacije je određivanje biopotencijala komposta i produkata komposta koji su nastali od: čvrstog komunalnog otpada, trave i lišća sakupljenog sa zelenih površina i duvanskih ostataka lista i stabljike. Cilj disertacije je detaljna hemijska i mikrobiološka karakterizacija komposta i produkata komposta, a imajući u vidu različite polazne sirovine za dobijanje komposta cilj disertacije je posebno određivanje sadržaja teških metala i prisustvo patogenih bakterija u kompostnim proizvodima. Takođe, cilj disertacije je i ispitivanje uticaja kvaliteta komposta kao i načina pripreme, odnosno aeracije na kvalitet produkata komposta (kompostnog ekstrakta i kompostnog čaja).

Nakon izdvajanja kompostnih proizvoda, ostatak od polaznog komposta je upoređen sa polaznim kompostom u pogledu hemijskih i mikrobioloških karakteristika sa ciljem ispitivanja njegove upotrebne vrednosti.

Biopotencijal komposta i kompostnih proizvoda utvrđen je ispitivanjem klijavosti različitih biljnih vrsta, određivanjem germinacionog indeksa (GI) kao i odnosom kompostnih produkata prema nekim fitopatogenim gljivama i na taj način sagledavanje mogućnosti za njihovu primenu u poljoprivredi.

Opšti cilj ove disertacije je sagledavanje mogućnosti za primenu i iskorišćavanje različitih otpadnih materijala što će doprineti pravilnom upravljanju biodegradibilnim komunalnim i agroindustrijskim otpadom. Na ovaj način, uz dobijanje kvalitetnog proizvoda, koji može naći svoju primenu u savremenoj poljoprivrednoj proizvodnji, moguće je doprineti zaštiti i unapređenju životne sredine.

4. MATERIJAL I METODE RADA

Istraživanja u ovom radu su obavljena u laboratoriji Katedre za ekološku mikrobiologiju, Poljoprivrednog fakulteta, Univerziteta u Beogradu. Jedan deo eksperimentalnih istraživanja je realizovan u laboratorijama Instituta za multidisciplinarna istraživanja u Beogradu. Za pripremu kompostnog ekstrakta i kompostnog čaja, korišćene su tri vrste komposta: MSW kompost, koji je proizveden od gradskog otpada sakupljenog u Gradu Čačku (Srbija), periodično mešan sa uduvanje vazduha tokom kompostiranja; GW komposta, koji je proizveden od trave i grančica sa javnih površina i parkova u Gradu Čačku; TW kompost, proizveden od duvanskog otpada iz kompanije „Philip Morris International“ (Niš, Srbija).

Za istraživanja korišćen je:

1. kompost dobijen od komunalnog otpada (municipal solid waste)-MSW,
2. kompost dobijen od trave i lišća (green waste)-GW,
3. kompost dobijen od ostataka lista i stabla duvana (tobacco waste)-TW.

Tab. 1. Osnovne hemijske karakteristike korišćenih komposta

Karakteristike	Vrsta komposta		
	MSW	GW	TW
pH u vodi	8,25	7,96	9,10
Organska materija (%)	16,26	24,70	16,30
Pepeo (%)	83,74	75,30	-
Organski C (%)	8,13	12,35	27,70
Ukupni N (%)	0,64	1,01	0,56
NH ₄ - N mgxkg ⁻¹	14,0	21,0	13,5
NO ₃ - N mgxkg ⁻¹	206,5	175,0	75,5
P ₂ O ₅ mgxkg ⁻¹	268,5	270,0	219,3
K ₂ O mgxkg ⁻¹	687,5	190,0	598,0
Soli (%)	2,23	0,77	1,23
Odnos C/N	12,7:1	12,2:1	49,5:1

4.1. Pripremanje kompostnih proizvoda iz različitih vrsta komposta

Kompostni ekstrakt je pripremljen prosejavanjem komposta kroz sito promera 7 mm i dodavanjem vode do potpunog zasićenja komposta. Nakon 5 sati, masa komposta je procedena i tečni deo je označen kao kompostni ekstrakt (**compost extract-CE**) a čvrsti deo označen je kao ostatak komposta (**rest of compost-RC**).

Pripremanje kompostnog čaja izvršeno je mešanjem komposta sa tri puta većom količinom vode i aeracijom u trajanju od 10 dana. Posle aeracije izvršeno je ceđenje kompostnog čaja (**compost tea-CT**).

4.2. Hemijske i mikrobiološke karakteristike komposta i kompostnih proizvoda

4.2.1. Hemijske karakteristike komposta i kompostnih proizvoda

Istraživanja hemijskih karakteristika komposta i kompostnih proizvoda obuhvatila su sledeća ispitivanja:

1. Osnovne hemijske karakteristike komposta i kompostnih proizvoda

pH – potenciometrijski (CyberScan pH 510, Eutech Instruments, Singapore), suva materija (%) i vlaga (%) – žarenjem na 105°C do konstantne mase, organska materija – računski, organski ugljenik (% na suhu masu) – dihromatnom metodom, sadržaj soli (% na svežu masu) – pomoću Conductivity Meter LF 538, Windous Labotechnik WTW, pepeo (%) - žarenjem na 105°C do konstantne mase, ukupan N (mgxkg^{-1}) – metoda po Kjeldahlu, odnos C/N - računski, ukupan organski C u rastvoru mgx^{-1} - metod po Walkley and Black (1934), organski C u huminskim kiselinama u rastvoru (mgx^{-1}), organski C u fulvo kiselinama + organske kiseline u rastvoru (mgx^{-1}), odnos C huminskih kiselina/C fulvo kiselina +organske kiseline - metoda po Jakovljević i sar. (1995).

2. Sadržaj biogenih elemenata

Provodljivost (mS/cm) - Conductivity Meter LF 538, Windous Labotechnik WTW, sadržaj soli (% na svežu masu) – pomoću Conductivity Meter LF 538, Windous Labotechnik WTW, $\text{NH}_4\text{-N}$ i $\text{NO}_3\text{-N}$ – destilacijom sa vrelom vodenom parom iz nKCl

ekstrakta (za nitratni azot korišćena je devardova legura), K₂O, Na, Ca, Mg - ICP-OAS (Spectro Genesis FEE, Nemačka), P₂O₅ - spektrofotometrijski posle suvog spaljivanja, S – CHNS analizatorom, CaCO₃ – volumetrijski pomoću Scheibler-ovog kalcimetra, izraženi u mgxkg⁻¹ u kompostima i ostatku od komposta i u mgxl⁻¹ u kompostnim ekstraktima i kompostnim čajevima.

3. Sadržaj mikroelemenata

a. Ukupan sadržaj mikroelemenata

Za pripremu uzoraka za merenje ukupnog sadržaja mikroelemenata korišćena je mikrotalasna digestija u mikrotalasnoj peći CEM MDS 2000 (Mod. speedwave MWS3⁺, Berghof, Nemačka). U teflonsku kivetu dodato je 300 mg suvog uzorka komposta a zatim 5 ml HNO₃ i 2 ml H₂O₂. Kivete su stavljene u komoru za mikrotalasnu digestiju tokom 2h. Dobijeni rastvor iz kivete je razblazen u kolbi od 25 ml. Mikroelementi u tako pripremljenom uzorku mereni su metodom induktivno spregnutne plazme – optičke emisije spektrometrije (ICP – OES, Spectro Genesis FEE, Germany). Mereni su sledeći mikroelementi: Fe, Mn, Cu, Zn, Co, Pb, Ni, Cr, Cd.

b. Priprema vodno rastvorljivih mikroelemenata u kompostu

U 25 ml destilovane vode sa NaEDTA (0.3%) dodato je 2g suvog komposta i zatvoreno u bocu. Boce su stavljene na rotacionu mešalicu i mućkane tokom 4h. Posle taloženja supernatant iz boca je profiltriran kroz filter papir. Tako dobijen rastvor je direktno korišćen za merenje mikroelemenata korišćenjem metode induktivno spregnutne plazme – optičke emisije spektrometrije (ICP – OES, Spectro Genesis FEE, Germany). Mereni su sledeći mikroelementi: Fe (%), Mn, Cu, Zn, Co, Pb, Ni, Cr, Cd.

c. Merenje mikroelemenata u kompostnim ekstraktima

Odabrani uzorci ekstrakata su profiltrirani kroz filter papir i posle toga direktno mereni korišćenjem metode induktivno spregnutne plazme – optičke emisije spektrometrije (ICP – OES, Spectro Genesis FEE, Germany).

4.2.2. Mikrobiološke karakteristike komposta i kompostnih proizvoda

Svi uzorci pre zasejavanja su homogenizovani na orbitalnom šejkeru 30 minuta na temperaturi 30°C. Nakon toga je pripremljena serija razređenja od 10⁻¹-10⁻⁶. Zasejavanje je vršeno sa 0,5 ml inokuluma za ukupan broj bakterija, gljiva i aktinomiceta. Za *Escherichia coli*/Coliform-Count-Plate (EC) petrifilm (3M, USA) inokulacija je vršena sa 1 ml suspenzije.

Ukupan broj bakterija određen je na 10x razblaženom Trypton Soja Agar (Torlak), metodom agarnih ploča u tri ponavljanja na temperaturi inkubacije od 30°C. Nakon inkubacije od 5 dana ukupan broj bakterija izražen je po gramu suvog komposta odnosno u 1 ml kompostnog ekstrakta i kompostnog čaja.

Ukupan broj filamentoznih gljiva određen je na roze bengal Agar sa streptomycinom (Peper i sar., 1995), na temperaturi od 25°C u trajanju od 7 dana. Ukupan broj gljiva izražen je po gramu suvog komposta odnosno u 1 ml kompostnog ekstrakta i kompostnog čaja.

Ukupan broj aktinomiceta određen je na skrobno-amonijačnom agaru na temperaturi od 25°C u trajanju od 10 dana.

Broj ukupnih i fekalnih koliformnih bakterija određen je petrifilm metodom (3M, USA). Petrifilm je dehidrisana visoko-selektivna hranljiva podloga koja sadrži indikator boje koji omogućava bojenje bakterijskih kolonija, tako da se mogu jasno razlikovati koliformne bakterije i *E. coli*. Kolonije koliformnih bakterija su crveno obojene sa mehurićima gasa pored same kolonije, dok kolonije *E. coli* su takođe sa gasom ali plave boje. Inkubacija za ukupne koliformne bakterije i *E. coli* je bila na temperaturi 37°C, a za fekalne koliformne bakterije na temperaturi 44°C u trajanju 24h.

Broj *E. coli* O157:H7 je određen na visoko-selektivnoj hromogenoj podlozi ChromID™ O157:H7 Agar (Biomerieux, France). Zasejavanje je vršeno u 3 ponavljanja na temperaturi od 37°C, 24 sata. *E. coli* O157:H7 na ovoj podlozi stvara tipične kolonije zelene boje.

Brojnost *Salmonella* spp. je određena na visoko-selektivnoj hromogenoj podlozi ChromID™ Salmonella Agar (SM2) (Biomerieux, France). Inkubacija je trajala 18–24h na temperaturi 35°C i brojane su tipične blede-roze kolonije *Salmonella* spp.

Broj mikroorganizama izražen je kao CFU/1 g suvog komposta odnosno 1 ml kompostnog ekstrakta i kompostnog čaja. Sva zasejavanja su vršena u tri ponavljanja.

Uticaj kompostnih proizvoda na dinamiku rasta fitopatogenih gljiva je ispitan u laboratorijskim uslovima. U okviru ovih istraživanja ispitan je rast gljiva na agarizovanim kompostnim proizvodima (kompostnom ekstraktu i kompostnom čaju). Praćen je rast *Fusarium oxysporum* Sch., *Pythium debaryanum* Hesse i *Rhizoctonia* sp. Rast je praćen na temperaturi od 25°C u periodu od 7 dana. Ogled je izveden u tri ponavljanja Rast gljiva (kontrola) je praćen na PDA (krompir dekstrozni agar) podlozi.

Uticaj sterilnih i nesterilnih kompostnih proizvoda na stepen inhibicije rasta fitopatogenih gljiva

Kompostni proizvodi su sterilisani autoklaviranjem na 120°C u trajanju od 30 min da bi se inaktivirale žive komponente.

Sterilni i nesterilni kompostni proizvodi su dodati u PDA u koncentraciji od 10 %, neposredno pre izlivanja u petri kutije, odnosno u 100 ml PDA podloge dodato je 10 ml sterilnog/nesterilnog kompostnog proizvoda i praćen je rast. Na površinu agarizovanih podloga naneti su isečci gljiva na po tri mesta u svaku petri kutiju. Ogled je izveden u tri ponavljanja.

Određen je stepen inhibicije rasta fitopatogenih gljiva *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia* sp. i *Pythium debaryanum*.

Stepen inhibicije rasta fitopatogenih gljiva obračunat je po formuli:

$$(R1-R2)/R1 \cdot 100$$

gde je:

R1 = prečnik rasta gljive u kontroli

R2 = prečnik rasta gljive pri rastu u prisustvu kompostnih proizvoda

4.3 Klijavost i rast biljnih vrsta na kompostu i kompostnim proizvodima

U radu su korišćene biljne vrste: Boranija (*Phaseolus vulgaris* L.) - cv. „Palanačka rana“, Engleski ljulj (*Lolium perenne* L.) - cv. „K-11“, Crveni vijuk (*Festuca rubra* L.) - cv. K-14, Lucerka (*Medicago sativa* L.) - cv. „K-28“, Kupus (*Brassica oleracea* L.) - cv. „Srpski melez“, Bela detelina (*Trifolium repens* L.) - K-33, Paradajz (*Solanum lycopersicum* L.) - cv. „Maraton“, Paprika (*Capsicum annum* L.) - cv. „Župska rana“, Salata (*Lactuca sativa* L.) - cv. „Majska kraljica“, Turski karanfil (*Dianthus barbatus* L.). Zasejane sorte povrća: boranija, kupus, paprika i salata, su proivedene u Institutu za povrtarstvo, Smederevska Palanka. Sorte krmnog bilja: engleski ljulj, crveni vijuk, lucerka, bela detelina su selekcionisane u Institutu za krmno bilje, Kruševac. Zasejan paradajz iz proizvodnje je Superior d.o.o Velika Plana. Turski karanfil je iz proizvodnje BioFlora, Čačak.

4.3.1. Klijavost i rast biljnih vrsta na kompostu i ostatku od komposta

Istraživanja su izvedena zasejavanjem 10 različitih biljnih vrsta u stiroporne kontejnere prečnika 2 cm, dubine 4,5 cm u laboratorijskim uslovima. Broj zasejanih semenki po biljnoj vrsti bio je sledeći: boranija (3), engleski ljulj (10), crveni vijuk (10), lucerka (10), kupus (10), bela detelina (10), paradajz (10), paprika (10), salata (10), turski karanfil (10). Ispitivanja nakon postavljanja ogleđa obuhvatila su utvrđivanje kljavosti biljnih vrsta 7 dana nakon zasejavanja, na svim varijantama ogleđa, a zatim i određivanje sveže mase kljalih biljaka i mase biljaka nakon sušenja u sušnici na 105°C tokom 24 sata. U kontrolnoj varijanti korišćena je mešavina treseta (Florabella-Klasmann-Deilmann GmbH, Germany).

4.3.2. Kljavost biljnih vrsta na kompostnom ekstraktu i kompostnom čajju

Istraživanja sa kompostnim proizvodima (kompostnim ekstraktom i kompostnim čajem) obuhvatila su ispitivanje uticaja dobijenih proizvoda na kljavost biljnih vrsta i to zasejavanjem određenog broja semenki u Petri kutije u koje je postavljen filter papir i dodato po 5 ml kompostnih proizvoda. Petri kutije su odložene u komoru na 25°C u trajanju od 7 dana. Broj semenki po biljnoj vrsti bio je sledeći: boranija (10), engleski ljulj (30), crveni vijuk (30), lucerka (30), bela detelina (30), kupus (20), paradajz (20),

paprika (20), salata (50), turski karanfil (30). Prilikom ispitivanja uticaja kompostnog ekstrakta i kompostnog čaja duvana (TW) na klijavosti različitih biljnih vrsta, izvršeno je razblaženje koncentrovanih proizvoda 5x i 10x. Sve varijante ogleđa postavljene su u tri ponavljanja. Kontrolna varijanta bila je klijavost na filter papiru tretiranog destilovanom vodom.

Germinacioni indeks (GI)

Germinacioni indeks određen je zasejavanjem semena salate (*Lactuca sativa* L.) sa Instituta za povrtarstvo, Smederevska Palanka (cv. „Majska kraljica“) i ječma (*Hordeum vulgare* L.) sa Instituta za ratarstvo i povrtarstvo u Novom Sadu (cv. „Nonius“). U ogleđu je ispitan uticaj 100% (kompostni ekstrakt/kompostni čaj), 75 (75% kompostni ekstrakt/kompostni čaj, 25% vode), 50 (50% kompostni ekstrakt/kompostni čaj i 50% voda) 25 (25% kompostni ekstrakt/kompostni čaj, 75% vode) i kontrola (samo destilovana voda). Po deset semena svake biljke je postavljeno na filter papir u Petri kutije i dodato 5 ml rastvora svakog izabranog tretmana u svaku Petri kutiju. Eksperimenti su izvršeni u tri ponavljanja. Inkubacija je vršena na 25°C u mraku, i posle 5 dana broj klijavih semena i dužine korena merene su u svakoj Petri kutiji. Germinacioni indeks izračunat je prema formuli: $GI = (G \times L \times 100\%) / (GIc \times Lc)$ gde je G procenat klijanja, a L je srednja dužina korena deset zasejanih semena u datim uslovima, GIc i Lc su srednja vrednost klijavosti i dužina korena na tri ponavljanja u okviru varijante.

Germinacioni indeks klijavosti (GI) je prosečna vrednost tretmana varijanti od 25, 50 i 75% razblaženja (Gariglio i sar., 2002).

4.4. Matematičko – statističke metode

Dobijeni podaci su obrađeni metodom analize varijanse (ANOVA) korišćenjem Michigan State University, East Lansing, MI, USA programa. Testiranje značajnosti razlika, pojedinačnih i interakcijskih sredina, izvršeno je LSD testom ($p = 0.05$).

5. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

5.1. Hemijske i mikrobiološke karakteristike komposta i kompostnih proizvoda

Imajući u vidu polazni materijal od koga je dobijen kompost izvršene su detaljne hemijske i mikrobiološke analize u cilju precizne karakterizacije komposta, koji su poslužili za dobijanje kompostnih proizvoda.

5.1.1. Hemijske karakteristike komposta i kompostnih proizvoda

Ispiranjem komposta došlo je do smanjenja sadržaja organske materije kod obe vrste komposta (tab.2) i neznatnog povećanja sadržaja pepela u ostatku. Sadržaj CaCO_3 je niži u ostacima od komposta u odnosu na kompost, dok je vrednost pH ostatka od komposta MSW i GW veća u odnosu na kompost.

Sadržaj ukupnog N je veći u kompostu i ostatku od komposta GW, u odnosu na MSW kompost, dok je sadržaj soli bio veći na MSW kompostu i ostatku od komposta. Sadržaj soli imao je niže vrednosti na ostacima od komposta u odnosu na kompost.

Tab. 2. Osnovne hemijske karakteristike komposta i ostataka od komposta

Komposti	pH u vodi	Organska materija	Pepeo	Organski C	Ukupni N	Ukupni S	CaCO_3	Soli	Odnos C/N
		(% na svežu masu)	%	(% na suhu masu)	(% na svežu masu)	(% na svežu masu)	(% na svežu masu)	(% na svežu masu)	
MSW kompost	8,25	16,26	83,74	8,13	0,64	0,47	1,51	2,23	12,7:1
RC MSW	8,39	16,09	83,91	8,05	0,66	0,52	1,43	1,95	12,2:1
Prosek	8,32	16,18	83,83	8,09	0,65	0,50	1,47	2,09	12,5:1
GW kompost	7,96	24,70	75,30	12,35	1,01	0,23	0,54	0,77	12,2:1
RC GW	8,10	21,50	78,50	10,95	0,88	0,29	0,49	0,67	12,4:1
Prosek	8,03	23,10	76,90	11,65	0,95	0,26	0,52	0,72	12,3:1

Poređenjem prosečnih vrednosti osnovnih hemijskih parametara MSW kompost/ostatak od komposta i GW kompost/ostatak od komposta, primetna su

određenja variranja. Prosečno viši sadržaj organske materije, organskog C i ukupnog N zabeležen je na varijantama GW komposta, dok su ostali ispitivani parametri imali više vrednosti na MSW varijantama komposta.

Rezultati hemijskih analiza ukazuju na razlike između komposta, ostataka od komposta i kompostnih proizvoda, zatim između sirovina od kojih su pripremljeni kompostni ekstrakti i čajevi, kao i između kompostnih ekstrakata i čajeva (tab. 3).

Tab. 3. Osnovne hemijske karakteristike kompostnog ekstrakta i kompostnog čaja

Kompostni proizvodi	pH	Suva materija	Pepeo	Organska materija	Ukupan N	Ukupan organski C u rastvoru	Organski C huminskih kiselina u rastvoru	Organski C fulvo kiselina + Organske kiseline u rastvoru	Odnos C huminskih kiselina /Organski C fulvo kiselina +organske kiseline	Odnos C/N	
	H ₂ O	%			mgxl ⁻¹						
A	MSW	7,10	0,401	0,374	0,027	22,4	81,5	44,5	52,0	0,9:1	3,6:1
	GW	7,41	0,139	0,113	0,026	31,8	89,0	30,0	59,0	0,5:1	2,8:1
	TW	7,70	1,632	0,893	0,740	426,0	5217,0	2594,0	2623,0	1,0:1	12,3:1
	Prosek	7,40	0,724	0,460	0,264	160,1	1 795,8	889,5	911,3	0,5:1	6,2:1
B	MSW	7,75	0,207	0,186	0,021	10,5	37,0	15,0	27,0	0,6:1	3,5:1
	GW	7,63	0,321	0,295	0,026	13,4	59,0	30,0	29,0	1,0:1	4,4:1
	TW	7,20	2,632	1,100	1,531	704,5	7825,0	3705,0	4100,0	0,9:1	11,1:1
	Prosek	7,53	1,053	0,527	0,526	242,8	2 640,3	1 250	1 385,3	0,8:1	6,3:1

A-kompostni ekstrakt, B-kompostni čaj

Vrednost pH ne pokazuje značajne razlike između varijanti ogleđa kod pripremljenih kompostnih ekstrakata i kompostnih čajeva, dok svi ostali parametri se znatno razlikuju posebno poredeći rezultate MSW i GW varijanti u odnosu na TW. Sadržaj suve materije imao je više vrednosti kod kompostnog ekstrakata (1,632%) i kompostnog čaja (2,632%) TW u odnosu na ostale varijante ogleđa. Najniži sadržaj suve materije je u uzorku kompostnog ekstrakta GW (0,139%), a kod kompostnog čaja najniži sadržaj bio je na varijanti MSW. Sadržaj suve materije po varijantama kompostnog ekstrakta ima sličan trend kao i sadržaj pepela. Visok sadržaj organske materije u kompostnom ekstraktu TW (0,740%) i kompostnom čaju (1,531%) u odnosu na ostale varijante ogleđa uslovio je i veći sadržaj ukupnog organskog C, kao i organskog C u huminskim i fulvo kiselinama. Sadržaj ukupnog N pokazuje visoke vrednosti, a odnos C/N kod TW kompostnog ekstrakta je u granicama optimalnih

vrednosti za organske supstrate, dok je kod MSW i GW odnos C/N nizak. Sadržaj C u huminskim kiselinama je niži u odnosu na sadržaj C u fulvo kiselinama kod svih kompostnih ekstrakata i na kompostnim čajevima MSW i TW, a kod kompostnog čaja GW izmerena je približna vrednost. Sadržaj ukupnog N ukazuje na značajnu razliku kod kompostnog ekstrakta TW ($426,0 \text{ mgx}l^{-1}$) u odnosu na MSW ($22,4 \text{ mgx}l^{-1}$) i GW kompostni ekstrakt ($31,8 \text{ mgx}l^{-1}$). Kod kompostnog čaja izmeren je niži sadržaj ukupnog N na varijantama MSW i GW u odnosu na kompostni ekstrakt, dok da je nivo ukupnog N na varijanti TW ($704,5 \text{ mgx}l^{-1}$) viši kod kompostnog čaja. Sadržaj ukupnog organskog C, takođe ukazuje na značajne razlike između MSW i GW u odnosu na TW kompostni ekstrakt. Sadržaj organskog C u TW ekstraktu iznosi $5217,0 \text{ mg l}^{-1}$ što je izuzetno značajna razlika u odnosu na sadržaj organskog C u GW ($89,0 \text{ mgx}l^{-1}$) i MSW ($81,5 \text{ mgx}l^{-1}$). Na osnovu toga može se i utvrditi odnos C/N koji je bio najviši na varijanti TW (12,3:1) u odnosu na GW koji je iznosio 2,8:1 i MSW (3,6:1). Sadržaj organskog C u huminskim kiselinama u korelaciji je sa predhodnim rezultatima. Približne vrednosti su utvrđene i kod sadržaja organskog C u fulvo kiselinama, gde je najviši sadržaj utvrđen na varijantama TW kompostnog ekstrakta i kompostnog čaja ($2623,0\text{-}4100,0 \text{ mgx}l^{-1}$), znatno manji sadržaj na varijantama MSW ($27,0\text{-}52,0 \text{ mgx}l^{-1}$) i na varijantama GW ($29,0\text{-}59,0 \text{ mgx}l^{-1}$).

Poredeći prosečne rezultate sadržaja osnovnih biogenih elemenata u kompostnim ekstraktima i čajevima zapaža se da postoje određena razlika u sadržaju pojedinih parametara. U pogledu sadržaja suve materije zabeležena je značajnija razlika u prosečnim vrednostima, tako da je viši sadržaj suve materije utvrđen u kompostnom čaju (1,053%) u odnosu na kompostni ekstrakt (0,724%). I ostali ispitivani parametri ukazuju da su znatno više prosečne vrednosti utvrđene kod kompostnog čaja u odnosu na kompostni ekstrakt. Odnos prosečnog organskog C u huminskim i fulvo kiselinama imao je niže vrednosti u uzorcima kompostnog ekstrakta u odnosu na prosečne vrednosti ovog parametra kod kompostnog čaja (tab. 3).

U tab. 4 i 5 prikazan je sadržaj biogenih elemenata u kompostu i kompostnim proizvodima.

Tab. 4. Sadržaj biogenih elemenata u kompostu i ostatku od komposta

Komposti	NH ₄ ⁺ - N	NO ₃ ⁻ - N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	Ca/Mg	Odnos C/S
	mgxkg ⁻¹				mgx100g ⁻¹			
MSW kompost	14,0	206,5	268,5	687,5	2986,0	173,5	10,6:1	17,6:1
RC MSW	14,0	136,5	293,5	622,0	2829,5	157,5	11,1:1	15,6:1
Prosek	14,0	171,5	281,0	654,8	2907,8	165,5	10,9:1	16,6:1
GW kompost	21,0	175,0	270,0	190,0	1737,0	91,0	11,6:1	53,7:1
RC GW	84,0	119,0	265,0	182,0	1717,0	104,0	10,0:1	37,8:1
Prosek	52,5	147,0	267,5	186,0	1727,0	97,5	10,8:1	45,8:1

Sadržaj amonijačnog azota nije se promenio tokom ispiranja MSW komposta, dok je došlo do znatnog smanjenja nitratnog azota (tab 4.). Sadržaj P₂O₅ povećan je nakon ispiranja komposta sa 268,5 na 293,5 mgx100g⁻¹, a sadržaj K₂O smanjen posle ispiranja komposta (sa 687,5 na 622,0 mgx100g⁻¹). Sadržaj kalcijuma i magnezijuma smanjen je u kompostu koji je dobijen nakon ispiranja kompostnog ekstrakta MSW. S obzirom da je ispiranje Mg veće od Ca, odnos Ca/Mg je povećan sa 10,6:1 na 15,6:1. Odnos C/S u kompostu MSW veći je u odnosu na ostatak od komposta (17,6:1 u odnosu na 15,6:1).

Sadržaj mineralnog azota kod MSW komposta razlikuje se u odnosu na GW kompost. Sadržaj amonijačnog azota je viši u ostatku od komposta GW (84,0 mg kg⁻¹) u odnosu na početni kompost (21,0 mgxkg⁻¹), dok je sadržaj nitratnog azota viši u kompostu (175,0 mgxkg⁻¹) u odnosu na ostatak od komposta (119,0 mgxkg⁻¹). Sadržaj fosfora, kalijuma, kalcijuma i bora je niži u ostatku od komposta GW u odnosu na kompost, dok je sadržaj magnezijuma viši u ostatku od komposta nakon pripremanja kompostnog ekstrakta. Odnos Ca/Mg niži je kod ostatka od komposta u odnosu na kompost. Odnos C/S je izraženiji u kompostu (53,7:1) u odnosu na ostatak od komposta GW (37,8:1).

Razlike sadržaja prosečnih vrednosti ispitivanih parametara MSW kompost/ostatak od komposta i GW kompost/ostatak od komposta, su značajne. Manja variranja su kod odnosa Ca/Mg, dok su ostale prosečne vrednosti MSW kompost/ostatak od kompost i GW kompost/ostatak od komposta značajno različite.

Sadržaj biogenih elemenata i provodljivost kompostnih ekstrakata i čajeva, prikazan je u tab. 5.

Tab. 5. Sadržaj biogenih elemenata u kompostnom ekstraktu i kompostnom čaju

Kompostni proizvodi		Provodljivost	Soli	K	Na	Ca	Mg	P	S
		mS/cm	mgx ^l ⁻¹						
A	MSW	5,19	3321,5	705,0	182,0	482,5	95,5	0,4	334,0
	GW	2,14	1370,0	190,0	25,0	478,0	91,0	0,4	37,0
	TW	9,78	6259,0	2812,0	9,0	255,0	160,0	3,4	201,0
	Prosek	5,70	3 650,2	1 235,7	72,0	405,2	115,5	1,4	190,7
B	MSW	2,61	1668,5	356,5	85,0	352,0	104,0	0,4	150,5
	GW	4,11	2630,0	585,0	147,0	519,0	145,0	0,4	262,0
	TW	13,81	8838,0	3750,0	14,0	972,0	436,0	15,6	222,0
	Prosek	6,84	4 378,8	1 563,8	82,0	614,0	228,3	5,5	211,5

A-kompostni ekstrakt, B-kompostni čaj

Prosečni sadržaj soli je viši u dobijenom kompostnom čaju u odnosu na kompostni ekstrakt. Najmanja provodljivost je na varijanti kompostnog ekstrakta GW (2,14 mS/cm) gde je i najniži sadržaj soli (tab. 5). Provodljivost kompostnog čaja u odnosu na kompostne ekstrakte se razlikuje, tako da je najniža provodljivost na kompostnom čaju MSW (2,61 mS/cm), nešto viša na varijanti GW (4,11 mS/cm), a najviša vrednost provodljivosti je kod kompostni čaj TW (13,81mS/cm), a što je i najviša vrednost u odnosu na sve ostale varijante ogleda. Sadržaj K u kompostnom ekstraktu i kompostnom čaju pripremljenom iz komposta dobijenog od duvanskog otpada pokazuje izuzetno visoke vrednosti (2812,0-3750,0 mgx^l⁻¹) u odnosu na ostale kompostne proizvode. Za razliku od sadržaja K, sadržaj Na ima najnižu vrednost u kompostnom ekstraktu (9,0 mgx^l⁻¹) i kompostnom čaju (14,0 mgx^l⁻¹) pripremljenom od duvanskog otpada. Sadržaj Ca u ispitivanim kompostnim ekstraktima ima najnižu vrednost u kompostnom ekstraktu pripremljenom od duvanskog otpada (255,0 mgx^l⁻¹), dok je znatno veći sadržaj zabeležen na varijanti kompostnog ekstrakta pripremljenog od komposta zelene mase (478,0 mgx^l⁻¹), i najvišu vrednost u kompostnom ekstraktu MSW (482,5 mgx^l⁻¹). Najveći sadržaj Ca kod kompostnog čaja izmeren je na varijanti TW (972,0 mgx^l⁻¹). Slični rezultati su dobijeni za sadržaj Mg, s tim da su niže izmerene vrednosti kod ovog elementa. Sadržaj P ima identične izmerene vrednosti u kompostnom ekstraktu i kompostnom čaju MSW i GW (0,4 mgx^l⁻¹), dok je sadržaj P u kompostnom ekstraktu i kompostnom čaju TW znatno viši (3,4-15,6 mgx^l⁻¹). Sadržaj S

imao je najvišu vrednost u kompostnom ekstraktu MSW (334,0 mgxl⁻¹), znatno nižu vrednost u kompostnom ekstraktu TW (201,0 mgxl⁻¹), i najnižu u kompostnom ekstraktu GW (37,0 mgxl⁻¹). Na varijantama kompostnih čajeva sadržaj S kretao se od 150,5 mgxl⁻¹ na MSW kompostnom čaju do 262,0 mgxl⁻¹ na GW kompostnom čaju.

Prisustvo teških metala u kompostima i kompostnim proizvodima predstavlja jedan od osnovnih pokazatelja kvaliteta i opredeljenosti za dalju upotrebu. Sadržaj mikroelemenata u kompostu MSW i ostatku od komposta MSW ukazuje na određena variranja (tab. 6).

Tab. 6. Ukupan sadržaj mikroelemenata u kompostu i ostatku od komposta

Komposti	Fe	Al	Mn	Cu	Zn	B	Co	Mo	Cr	Pb	Ni	Cd	As
	%		mgxkg ⁻¹										
MSW kompost	1,97	1,36	921,0	47,0	249,0	61,5	13,0	6,0	60,5	55,0	122,0	2,2	16,5
RC MSW	1,86	1,36	943,5	305,5	309,0	43,0	12,5	5,0	50,0	63,5	115,0	2,2	17,0
Prosek	1,92	1,36	932,3	176,3	279,0	52,3	12,8	5,5	55,3	59,3	118,5	2,2	16,8
GW kompost	1,75	1,07	484,0	20,0	89,0	34,0	13,0	4,0	54,0	42,0	127,0	1,7	11,0
RC GW	1,80	0,95	496,0	19,0	90,0	37,0	13,0	4,0	48,0	40,0	126,0	1,7	11,0
Prosek	1,78	1,01	490,0	19,5	89,5	35,5	13,0	4,0	51,0	41,0	126,5	1,7	11,0

Procenat Fe neznatno je smanjen u ostatku od MSW komposta (1,86%) u odnosu na kompost (1,97%), dok je procenat Al ostao na istom nivou (1,36%). Sadržaj ukupnog Mn u kompostu MSW (921,0 mgxkg⁻¹) je nešto niži u odnosu na ostatak od komposta (943,5 mgxkg⁻¹), dok je sadržaj ukupnog Cu ukazao na znatno variranje između komposta MSW (47,0 mgxkg⁻¹) i ostatka od komposta (305,5 mgxkg⁻¹). Takođe, i sadržaj ukupnog Zn je viši u ostatku od komposta (309,0 mgxkg⁻¹) u odnosu na kompost (249,0 mgxkg⁻¹). Sadržaj ukupnog B, Co, Mo, Cr i Ni je niži u ostatku od komposta MSW u odnosu na kompost MSW. Sadržaj ukupnog Pb i As je neznatno viši u ostatku komposta, dok je sadržaj ukupnog Cd bio na istom nivou (2,2 mgxkg⁻¹).

Sadržaj ukupnih mikroelemenata u kompostu i ostatku od komposta GW nema značajna variranja. Sadržaj Fe, Mn, Zn i B je viši u ostatku od komposta u odnosu na kompost GW. Sadržaj Al je viši u kompostu (1,07%) u odnosu na ostatak od komposta (0,95%), kao i sadržaj Cu gde je razlika u sadržaju niska. Sadržaj Cr, Pb i Ni je viši u

kompostu u odnosu na ostatak komposta, dok je sadržaj Co, Mo, Cd i As identičan na kompostu i ostatku od komposta.

Pored karakterizacije komposta u pogledu ukupnog sadržaja mikroelemenata, značajan podatak je i sadržaj njihovih lakopristupačnih oblika koji su direktno dostupni biljkama. Sadržaj pristupačnih oblika mikroelemenata u kompostu MSW i ostatku od komposta MSW ne ukazuje na značajne razlike, osim kod Cu (tab.7).

Tab. 7. Sadržaj pristupačnih mikroelemenata u u kompostu i ostatku od komposta

Komposti	Fe	Al	Mn	Cu	Zn	B	Co	Mo	Cr	Pb	Ni	Cd	As
	%			mgxkg ⁻¹									
MSW kompost	47,5	1,2	35,5	7,2	64,5	12,5	0,17	0,15	0,07	7,6	5,7	0,12	0,38
RC MSW	50,0	1,0	36,5	15,3	60,5	12,5	0,17	0,17	0,04	7,8	6,3	0,13	0,40
Prosek	48,8	1,1	36,0	11,3	62,5	12,5	0,17	0,16	0,06	7,7	6,0	0,13	0,39
GW kompost	40,0	0,6	43,0	3,1	17,0	10,0	0,28	0,07	0,03	8,2	4,9	0,13	0,27
RC GW	41,0	0,6	40,0	3,0	18,0	10,0	0,26	0,02	0,03	8,2	5,0	0,12	0,27
Prosek	40,5	0,6	41,5	3,1	17,5	10,0	0,27	0,05	0,03	8,2	5,0	0,13	0,27

Sadržaj pristupačnog Fe i Mn je viši u ostatku od komposta u odnosu na kompost MSW. Sadržaj pristupačnog Cu i Cr je znatno viši u ostatku od komposta u odnosu na kompost. Sadržaj pristupačnog B i Co identičan je na obe varijante komposta MSW (12,5 mgxkg⁻¹; 0,17 mgxkg⁻¹). Sadržaj pristupačnog Mo, Pb, Ni, Cd i As viši je u ostatku od komposta u odnosu na kompost.

Sadržaj pristupačnih mikroelemenata u kompostu i ostatku od komposta GW nije ukazao na znatna variranja. Sadržaj Al, B, Cr, Pb i As pokazao je isti prosečni sadržaj u obe varijante komposta, a razlika u sadržaju ostalih pristupačnih mikroelemenata bila je neznatna između varijanti komposta, osim kod Mo gde je sadržaj na ispranom kompostu GW znatno niži u odnosu na kompost.

Razlike prosečnih vrednosti sadržaja lakopristupačnih mikroelemenata između varijanti kompost/ostatak od komposta MSW i kompost/ostatak od komposta GW ukazuju na variranja kod pojedinih elemenata. Prosečno viši sadržaj lakopristupačnih mikroelemenata zabeležen je kod Fe, Al, Cu, Zn, B, Mo, Cr, Ni i As, na varijantama MSW komposta. Ostale prosečne vrednosti sadržaja lakopristupačnih mikroelemenata bile su više na varijantama GW komposta, osim kod Cd gde su vrednosti identične.

Kompostni proizvodi, CE i CT, su tečna hraniva u kojima je ukupni sadržaj mikroelemenata u najvećoj meri i lakopristupačni sadržaj.

Prosečan sadržaj mikroelemenata u kompostnom ekstraktu na svim varijantama ogleđa je niži u odnosu na prosečne varijante ogleđa kod kompostnog čaja, osim kod Ag i Mo (tab. 8). Na varijanti MSW kod ispitivanog kompostnog ekstrakta zapaža se viši sadržaj Mn, Zn, B, Mo u odnosu na istu varijantu kompostnog čaja. Sadržaj Cu, Co, Pb na varijanti MSW i kod ispitivanog kompostnog ekstrakta i kompostnog čaja je identičan, a sadržaj Fe, Ag, Cr, Cd i Ni je niži na istoj varijanti u ispitivanom kompostnom ekstraktu u odnosu na kompostni čaj. Kod kompostnih ekstrakata i kompostnih čajeva na varijantama TW sadržaj Mo i Ag je identičan dok je sadržaj svih ostalih mikroelemenata niži kod kompostnih ekstrakata u odnosu na kompostne čajeve (tab. 8).

Tab. 8. Sadržaj lakopristupačnih mikroelemenata u kompostnom ekstraktu i kompostnom čaju

Kompostni proizvodi		Fe	Mn	Cu	Zn	B	Co	Mo	Ag	Cd	Cr	Ni	Pb
		mgxl ⁻¹											
A	MSW	1,9	0,47	0,11	0,11	0,98	0,005	0,06	0,03	0,002	0,01	0,05	0,04
	GW	1,0	0,16	0,10	0,04	0,70	0,004	0,02	0,03	0,002	0,02	0,04	0,02
	TW	11,7	1,01	1,36	3,75	2,21	0,099	0,03	0,02	0,043	0,13	0,20	0,24
	Prosek	4,9	0,55	0,52	1,30	1,30	0,036	0,04	0,03	0,016	0,05	0,10	0,10
B	MSW	5,2	0,25	0,11	0,09	0,84	0,005	0,02	0,04	0,004	0,04	0,07	0,04
	GW	3,4	0,31	0,13	0,12	0,84	0,006	0,03	0,03	0,002	0,02	0,05	0,04
	TW	17,0	2,50	2,25	4,75	3,51	0,127	0,03	0,02	0,057	0,23	0,25	0,29
	Prosek	8,5	1,02	0,83	1,65	1,73	0,046	0,03	0,03	0,021	0,10	0,12	0,12

A-kompostni ekstrakt, B-kompostni čaj

Sadržaj Fe najvišu vrednost ima kod kompostnog ekstrakta TW (11,7 mgxl⁻¹). Sadržaj Mn u kompostnim ekstraktima je manje varirao u odnosu na sadržaj Mn u kompostnom čaju. Sadržaj Cu u ispitivanim kompostnim ekstraktima, takođe je varirao (tab. 8). Najniži sadržaj Zn utvrđen je na varijanti kompostnog ekstrakta GW (0,04 mgxl⁻¹), a najviši u kompostnom ekstraktu pripremljenom od duvanskog otpada (3,75 mgxl⁻¹). Sadržaj Cr, Ni i Pb je viši u kompostnom ekstraktu pripremljenom od otpada duvanskih ostataka u odnosu na druge ispitivane kompostne ekstrakte.

5.1.2. Mikrobiološke karakteristike komposta, ostataka komposta i proizvoda komposta

U obe vrste komposta, kao i u ostacima komposta, dominantne populacije su bakterije (tab. 9), ali su prisutne i aktinomicete i gljive. U brojnosti bakterija nema razlike između komposta i ostataka komposta kao ni između vrste komposta. Najveća brojnost gljiva je u kompostu GW, dok su aktinomicete najbrojnije u ostatku od GW komposta. Koliformne bakterije su konstatovane u obe vrste komposta a njihova brojnost je smanjena u ostacima komposta. Fekalne koliformne bakterije su manje prisutne u kompostu GW u odnosu na kompost MSW, a kod obe vrste komposta zabeleženo je smanjenje broja koliformnih bakterija u ostacima od komposta (tab. 9).

Tab. 9. Mikrobiološke karakteristike komposta i ostataka komposta

Komposti	Ukupan broj mikroorganizama (log ₁₀ CFU ^a)			Ukupne koliformne bakterije	Fekalne koliformne Bakterije
	Bakterije	Gljive	Aktinomicete		
MSW	7,93	4,48	4,89	2,80	2,40
RC MSW	7,03	5,24	5,06	2,02	1,98
Prosek	7,48	4,86	4,98	2,41	2,19
GW	7,32	5,84	4,31	1,86	0,80
RC GW	7,89	5,34	5,14	1,76	0,30
Prosek	7,61	5,59	4,73	1,81	0,55

U proizvodima od komposta dominantna grupa mikroorganizama je populacija bakterija, i između kompostnih ekstrakata i kompostnih čajeva nema značajnih razlika (tab.10). Bakterije su najbrojnije u kompostnom čaju od MSW a najmanja brojnost je u kompostnom ekstraktu GW. Aktinomicete i gljive su nešto brojnije u kompostnim proizvodima od MSW. Ukupne i fekalne koliformne bakterije su manje zastupljene u kompostnom čaju u odnosu na kompostni ekstrakt. Ukupne koliformne bakterije su brojnije u kompostnom proizvodima dobijenim od komposta MSW. Fekalne koliformne bakterije nisu konstatovane u kompostnom čaju dobijenom od TW.

Tab.10. Mikrobiološke karakteristike kompostnog ekstrakta i kompostnog čaja

Kompostni proizvodi	Ukupan broj mikroorganizama (log ₁₀ CFU ^a)			Ukupne koliformne bakterije	Fekalne koliformne bakterije
	Bakterije	Gljive	Aktinomicete		
Kompostni ekstrakt MSW	7,41	3,70	4,53	2,49	2,07
Kompostni ekstrakt GW	6,32	2,84	3,67	1,60	0,86
Kompostni ekstrakt TW	6,50	2,30	4,20	1,203	0,30
Prosek	6,74	2,94	4,10	1,65	0,88
Kompostni čaj MSW	7,52	3,30	5,30	1,73	1,69
Kompostni čaj GW	6,45	2,82	4,52	0,82	0,47
Kompostni čaj TW	7,20	2,50	4,80	0,30	0,00
Prosek	7,06	2,87	4,91	0,95	0,36

E.coli O157:H7 i *Salmonella* spp. su konstatovane u svim kompostnim ekstraktima, izuzev u kompostnom ekstraktu TW, gde *Salmonella* spp. nije zabeležena. *E.coli* O157:H7 je konstatovana u kompostnom čaju MSW i GW dok je *Salmonella* spp. konstatovana samo u kompostnom čaju MSW (tab. 11).

Tab. 11. Patogene bakterije u kompostnim proizvodima

Kompostni proizvodi	Broj patogena (u 100 ml)	
	<i>E. coli</i> O157:H7	<i>Salmonella</i> spp.
Kompostni ekstrakt MSW	5,0 x 10 ³	1,6 x 10 ²
Kompostni ekstrakt GW	1,2 x 10 ²	1,5 x 10 ¹
Kompostni ekstrakt TW	1,0 x 10 ¹	0
Kompostni čaj MSW	3,5 x 10 ¹	8,0 x 10 ¹
Kompostni čaj GW	4,0 x 10 ¹	0
Kompostni čaj TW	0	0

5.1.3. Uticaj proizvoda komposta na rast fitopatogenih gljiva

Rast fitopatogenih gljiva praćen je na agarizovanim kompostnim proizvodima od momenta zasejavanja do 7-og dana pri inkubaciji na 25⁰C.

Gljiva *Fusarium oxysporum* je na podlozi PDA, posle sedam dana inkubacije, dostigla prečnik od 9mm. U periodu do 5-og dana kompostni proizvodi su različito uticali na rast fitopatogene gljive, tako da je uočena inhibicija ali i stimulacija rasta gljive u prisustvu kompostnog ekstrakta dobijenog od duvanskog otpada (tab. 12). Posle sedam dana inkubacije prečnik gljive je bio isti u kontroli i u prisustvu kompostnih

proizvoda, osim u varijanti sa kompostnim čajem dobijenim od duvanskog otpada, koji je inhibirao rast ove gljive za 50%.

Rezultati pokazuju da su kompostni proizvodi dobijeni od duvanskog otpada najviše uticali na rast *Fusarium oxysporum*.

Tab. 12. Dinamika rasta *Fusarium oxysporum* na agarizovanim kompostnim proizvodima

Kompostni proizvodi	Prečnik kolonija <i>Fusarium oxysporum</i> (cm)			
	Dani inkubacije			
	1	3	5	7
Kompostni ekstrakt MSW	0,24	1,75	3,6	9,0
Kompostni ekstrakt GW	0,25	2,2	3,4	9,0
Kompostni ekstrakt TW	0,23	1,5	3,8	9,0
Kompostni čaj MSW	0,23	1,8	3,1	9,0
Kompostni čaj GW	0,25	2,3	3,3	9,0
Kompostni čaj TW	0,24	1,6	3,0	4,5
Kontrola	0,23	2,5	3,6	9,0

Svi ispitivani kompostni proizvodi, u većem ili manjem stepenu su uticali na smanjenje rasta gljive *Rhizoctonia* sp. (tab. 13). Ova gljiva u kontrolnim uslovima je već nakon 5 dana dostigla prečnik od 9cm. Najveći stepen inhibicije rasta je u prisustvu kompostnog proizvoda dobijenih iz duvanskog otpada, dok između MSW i GW tretmana nije zabeležena značajna razlika u stepenu inhibicije. Između kompostnog ekstrakta i kompostnog čaja nema razlike u stepenu inhibicije.

Tab. 13. Dinamika rasta *Rhizoctonia* sp. na agarizovanim kompostnim proizvodima

Kompostni proizvodi	Prečnik kolonija <i>Rhizoctonia</i> sp.(cm)			
	Dani inkubacije			
	1	3	5	7
Kompostni ekstrakt MSW	0,3	1,0	1,97	2,0
Kompostni ekstrakt GW	0,3	1,3	1,72	1,7
Kompostni ekstrakt TW	0,2	0,0	0,0	0,0
Kompostni čaj MSW	0,2	0,8	1,7	1,7
Kompostni čaj GW	0,2	1,2	2,05	2,0
Kompostni čaj TW	0,2	0,0	0,0	0,0
Kontrola	0,3	8,5	9,0	9,0

Svi kompostni proizvodi uticali su na inhibiciju rasta fitopatogene gljive *Pythium debaryanum* (tab. 14). Najveći stepen inhibicije imaju kompostni proizvodi od duvanskog otpada a između kompostnih proizvoda od MSW i GW nema razlike u inhibiciji rasta gljive. Između kompostnih ekstrakta i čaja nema razlika u inhibiciji rasta gljive.

Tab. 14. Dinamika rasta *P. debaryanum* na agarizovanim kompostnim proizvodima

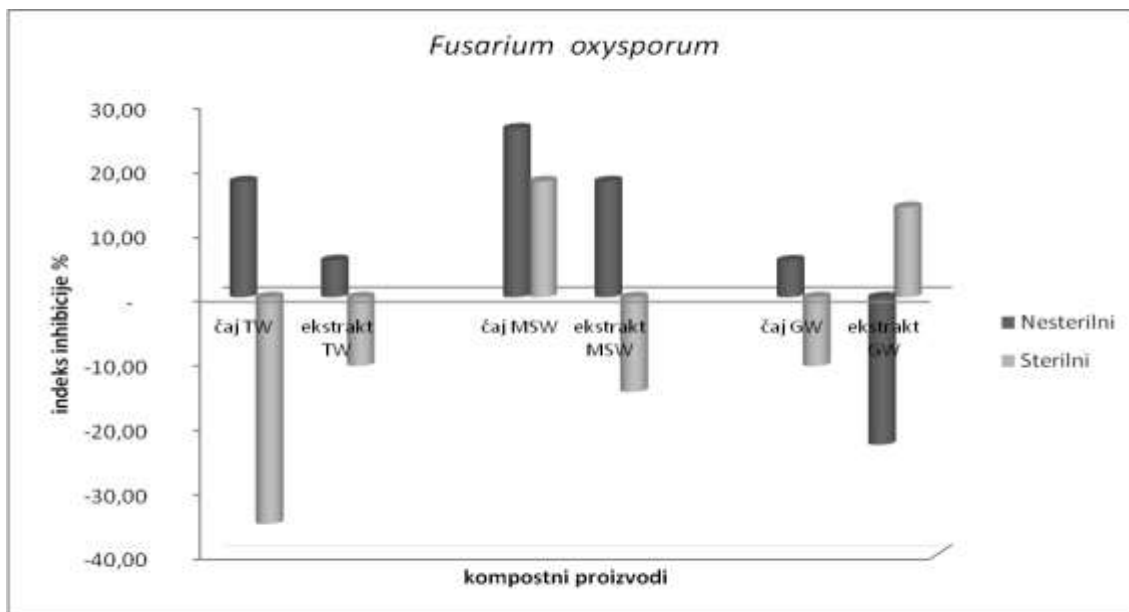
Kompostni proizvodi	Prečnik kolonija <i>P. debaryanum</i>			
	Dani inkubacije			
	1	3	5	7
Kompostni ekstrakt MSW	0,4	1,1	1,97	2,3
Kompostni ekstrakt GW	0,4	1,0	3,2	3,2
Kompostni ekstrakt TW	0,4	0,0	0,0	0,0
Kompostni čaj MSW	0,3	1,5	1,9	2,3
Kompostni čaj GW	0,3	1,5	1,5	1,5
Kompostni čaj TW	0,4	0,0	0,0	0,0
Kontrola	0,4	4,1	4,6	5,4

5.1.4. Indeks inhibicije proizvoda komposta na fitopatogene gljive

Indeks inhibicije je određen pri rastu fitopatogenih gljiva na 10% sterilisanim i nesterilisanim kompostnim proizvodima i uočen je različit indeks između ispitivanih vrsta gljiva ali i kompostnih proizvoda.

Ispitivani kompostni proizvodi su inhibirali rast *Fusarium oxysporum* ali je uočena i stimulacija rasta gljive (graf. 1).

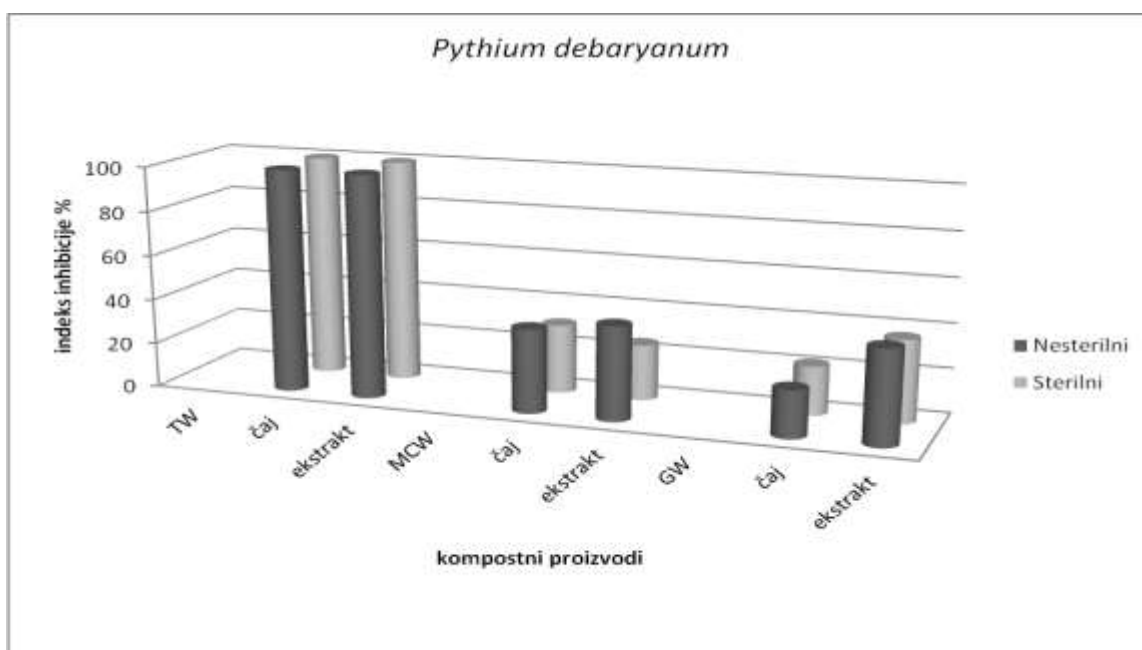
Svi nesterilni proizvodi komposta, izuzev kompostnog ekstrakta GW, su inhibirali rast gljive. Stepenn inhibicije se kretao od od 5,7% do 26,2%. Sterilni kompostni proizvodi su uglavnom stimulisali rast gljiva, izuzev kompostnog čaja MSW i kompostnog ekstrakta GW. Najjači stepen inhibicije od nesterilisanih i sterilisanih kompostnih proizvoda imao je kompostni čaj dobijen od komunalnog otpada. Rezultati pokazuju da je sterilizacijom kompostnih proizvoda dobijenih od TW došlo do stimulacije rasta gljiva. Takođe, kompostni čaj dobijen od MSW je posle sterilizacije stimulisao rast gljive. Kompostni čaj dobijen od GW stimulisao je rast gljive nakon sterilizacije a stepen stimulacije je iznosio 14%.



Graf. 1. Indeks inhibicije *Fusarium oxysporum* pod uticajem sterilisanih i nesterilisanih kompostnih proizvoda (%)

Svi ispitivani kompostni proizvodi, sterilisani i nesterilisani su u većem ili manjem stepenu inhibirali rast *Pythium debaryanum*.

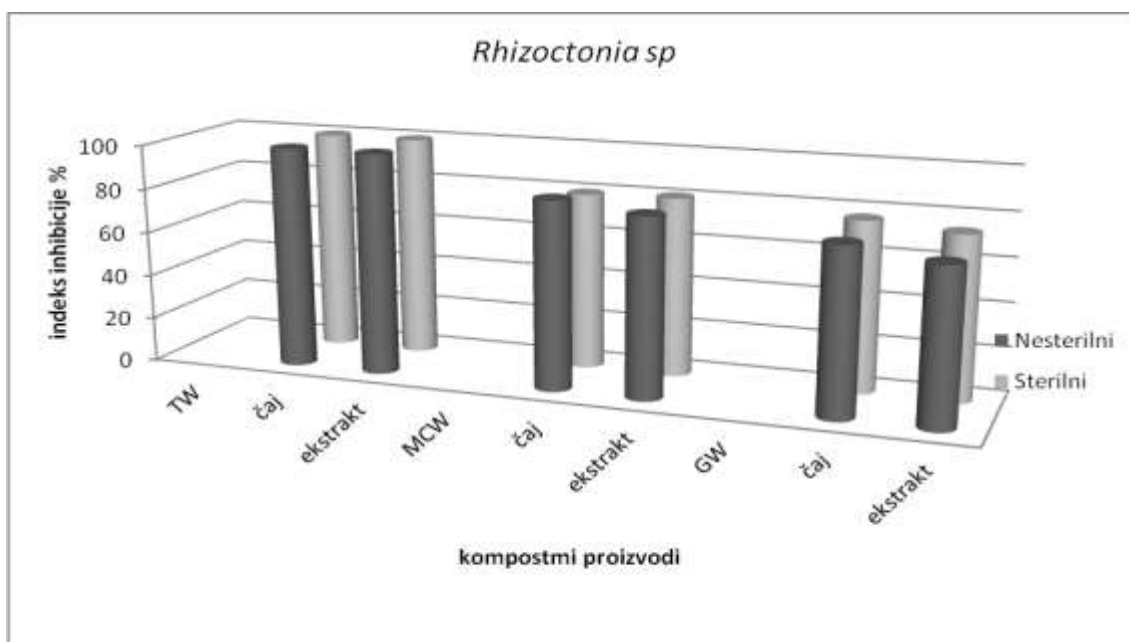
Najveći indeks inhibicije *Pythium debaryanum* je pod uticajem 10% sterilnih i nesterilisanih kompostnih proizvoda dobijenih od duvanskog otpada, dok između kompostnih proizvoda dobijenih od MSW i GW nema većih razlika (graf. 2).



Graf. 2. Indeks inhibicije *Pythium deboryanum* pod uticajem sterilisanih nesterilisanih kompostnih proizvoda (%)

Takođe, uočeno je da je indeks inhibicije nešto veći kod nesterilnih proizvoda u odnosu na sterilne, ali su te razlike male.

Ispitivani kompostni proizvodi, sterilisani i nesterilisani su inhibirali rast *Rhizoctonia sp.* Procenat inhibicije je iznosio 100% pod uticajem kompostnih proizvoda, sterilnih i nesterilnih, dobijenih od duvanskog otpada. Takođe, kompostni proizvodi dobijeni od MSW i GW su značajno inhibirali rast ove gljive (graf. 3). Razlike u indeksu inhibicije između sterilisanih i nesterilisanih kompostnih proizvoda su male.



Graf. 3. Indeks inhibicije *Rhizoctonia sp.* pod uticajem sterilisanih i nesterilnih kompostnih proizvoda (%)

5.2. Klijavost biljnih vrsta na kompostu i kompostnim proizvodima

Klijavost različitih biljnih vrsta na kompostu i ostatku komposta prikazana je u procentima u odnosu na broj zasejanih semenki. Različite vrste komposta su bile početni supstrat za pripremanje kompostnih ekstrakata i kompostnih čajeva, na kojima je izvršeno zasejavanje semena, a klijavost je, takođe, prikazana u procentima. Kako većina zasejanih biljnih vrsta nije klijala na kompostnom ekstraktu i kompostnom čaju duvanskog otpada, izvršeno je razblaživanje ova dva kompostna proizvoda u razmeri 1:5 i 1:10.

5.2.1. Klijavost biljnih vrsta na kompostu i ostatku od komposta

Analizom varijanse utvrđeno je da ispitivane podloge, kompost i ostatak od komposta, nisu imale statistički značajan uticaj na klijavost većine ispitivanih biljnih vrsta. Uticaj podloge (proizvoda) utvrđena je LSD testom na nivou značajnosti $p = 0.05$ pri čemu je izmereno, da postoji statistički značajna razlika klijavosti kod boranije i paprike. Prosečno, procenat klijavosti kod većine ispitivanih biljnih vrsta bio je veći na ostatku od komposta u odnosu na kompost bez statistički značajnih razlika.

Faktor B (vrste komposta i kompostnih proizvoda) imao je različit statistički uticaj na klijavost, u zavisnosti od ispitivane biljne vrste (tab.15). Uticaj podloge (proizvoda) na klijavost crvenog vijuka, paradajza i paprike nije bio statistički značajan. Kod ostalih ispitivanih biljnih vrsta LSD testom na nivou značajnosti $p = 0.05$ izmerena je statistički značajna razlika klijavosti između različitih podloga, s tim da je klijavost na kontrolnoj varijanti, kod većine ispitivanih biljnih vrsta statistički značajno viša u odnosu na podloge MSW i GW komposta/ostatka od komposta, odnosno kod boranije ($100,00 \pm 0,00$), engleskog ljulja ($86,67 \pm 4,22$), lucerke ($70,00 \pm 3,65$), bele deteline ($73,33 \pm 4,22$), salate ($93,33 \pm 4,22$) i turskog karanfila ($36,67 \pm 2,11$).

Tab.15. Klijavost na kompostu i ostatku od komposta

Faktor	Parametri	Boranija	Engleski ljulj	Crveni vijuk	Lucerka	Bela detelina	Kupus	Paradajz	Paprika	Salata	Turski karanfil
A proizvodi	Kompost	44,44±14,69b	52,22±10,90a	56,67±6,24a	37,78±9,09a	50,00±7,81a	81,11±5,89a	57,78±10,90a	30,00±8,66b	56,67±9,57a	15,56±5,56a
	Ostatak kompost (RC)	88,89±7,86a	76,67±5,53a	68,89±4,84a	51,11±5,88a	54,44±6,26a	75,56±7,29a	82,22±6,41a	60,00±4,08a	67,78±10,11a	15,56±5,80a
B vrsta proizvoda	Kontrola	100,00±0,00a	86,67±4,22a	73,33±5,58a	70,00±3,65a	73,33±4,22a	90,00±3,65a	83,33±10,54a	60,00±7,30a	93,33±4,22a	36,67±2,11a
	MSW	61,11±18,09ab	53,33±12,82b	58,33±9,09a	28,33±8,72b	41,67±5,43b	86,67±5,58a	56,67±10,55a	35,00±9,92a	56,67±11,16b	1,67±1,67b
	GW	38,89±15,91b	53,33±10,85b	56,67±4,94a	35,0±4,28b	41,67±7,92b	58,33±7,03b	70,00±13,42a	40,00±11,55a	36,67±3,33b	8,33±3,07b
AXB	Kontrola	100,00±0,00a	86,67±6,67a	73,33±8,82a	70,00±5,77a	73,33±6,67a	90,00±5,77a	83,33±16,67a	60,00±11,55a	93,33±6,67a	36,67±3,33a
	Kompost MSW	22,22±11,11c	33,33±14,53c	46,67±12,02a	13,33±8,82c	36,67±6,67b	86,67±8,82a	36,67±3,33a	13,33±3,33b	36,67±3,33b	0,00±0,00b
	Kompost GW	11,11±11,11c	36,67±16,67b	50,00±5,77a	30,00±5,77bc	40,00±15,28b	66,67±12,02ab	53,33±24,04a	16,67±8,82b	40,00±5,77b	10,00±0,00b
	RC MSW	100,00±0,00a	73,33±14,53a	70,00±11,55a	43,33±8,82b	46,67±8,82ab	86,67±8,82a	76,67±12,02a	56,67±3,33a	76,67±14,53a	3,33±3,33b
	RC GW	66,67±19,25b	70,00±5,77ab	63,33±6,67a	40,00±5,77b	43,33±8,82b	50,00±5,77b	86,67±6,67a	63,33±6,67a	33,3±3,33b	6,67±6,67b
ANOVA											
A		*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS
B		*	*	NS	*	*	*	NS	NS	*	*
AXB		*	*	NS	*	*	*	NS	*	*	*

Interakcijski efekat između faktora A i B statistički je značajan kod većine ispitivanih biljnih vrsta, osim kod crvenog vijuka i paradajza. LSD testom na nivou značajnosti $p = 0.05$ izmerena je statistički značajna razlika klijavosti kod boranije između komposta MSW ($22,22 \pm 11,11$) i ostatka od komposta MSW ($100,00 \pm 0,00$), a takođe je klijavost na GW kompostu bila statistički značajno manja ($11,11 \pm 11,11$) u odnosu na klijavost na ostatku od komposta GW ($66,67 \pm 19,25$). Slični rezultati su dobijeni i kod salate za MSW kompost/ostatak od komposta, dok je paprika imala viši procenat klijavosti na GW kompostu i ostatku od komposta u odnosu na MSW kompost i ostatak od komposta. Interakcijski efekat faktora A i B između komposta MSW i ostatka od komposta MSW nije bio statistički značajan kod bele deteline, kupusa, crvenog vijuka, paradajza i turskog karanfila, dok je kod ostalih biljnih vrsta bio statistički značajan. Utvrđena je statistički značajna razlika klijavosti boranije i paprike na podlogama kompost GW/ostatak od komposta GW, dok klijavost ostalih ispitivanih biljnih vrsta nije imala statistički značajne razlike na navedenim podlogama.

5.2.2. Klijavost biljnih vrsta na kompostnom ekstraktu i kompostnom čaju

Analizom varijanse utvrđeno je da ispitivani proizvodi komposta, nisu imali statistički značajan uticaj na klijavost ispitivanih biljnih vrsta. Većina ispitivanih biljnih vrsta, imala je veću klijavost na kompostnom ekstraktu u odnosu na kompostni čaj (tab. 16).

Uticaj proizvoda od komposta (faktor B) na klijavost različitih biljnih vrsta bio je statistički značajan kod većine ispitivanih biljnih vrsta, osim kod boranije. LSD testom na nivou značajnosti $p = 0.05$ utvrđeno je da ne postoji statistički značajna razlika klijavosti između kontrolne varijante i MSW proizvoda komposta kod lucerke, salate, paradajza i turskog karanfila. Statistički značajno viša klijavost na kontrolnoj varijanti u odnosu na prosečnu klijavost na proizvodima komposta GW nije izmerena kod boranije, engleskog ljulja, kupusa i turskog karanfila. Posmatrajući statističku značajnost razlika klijavosti između MSW i GW varijanti, statistički značajna razlika je izmerena kod lucerke i salate. Visok procenat klijavosti na TW proizvodima komposta imala je boranija, a zatim paradajz, dok ostale biljne vrste nisu klijjale ili su imale nisku klijavost u odnosu na MSW i GW kompostne proizvode. Na osnovu utvrđene klijavosti kod većine biljnih vrsta, primena MSW i GW proizvoda komposta nema značajan uticaj

na klijavost, već da statističku značajnu razliku na nivou faktora B uslovljava niska klijavost biljnih vrsta na TW proizvodima komposta.

Interakcijski efekat faktora A i B bio je statistički značajan kod svih ispitivanih biljnih vrsta. Uticaj proizvoda komposta na klijavost boranije razlikuje se u odnosu na ostale biljne vrste. Najniža klijavost bila je na varijanti kompostni ekstrakt GW ($76,67 \pm 6,67$), zatim na varijanti kompostni ekstrakt MSW ($80,00 \pm 5,77$), dok je klijavost na varijantama proizvoda TW bila visoka (83,33-93,33%). Visok procenat klijavosti na kompostnom čaju TW imao je i paradajz ($76,67 \pm 1,67\%$), dok je na kompostnom ekstraktu procenat klijavosti bio nizak.

Tab.16. Klijavost biljnih vrsta na kompostnom ekstraktu i kompostnom čaju

Faktor	Parametri	Boranija	Engleski ljulj	Crveni vijuk	Lucerka	Bela detelina	Kupus	Paradajz	Paprika	Salata	Turski karanfil
A proizvodi	Kompostni ekstrakt (CE)	84,17±2,88a	74,45±9,54a	45,56±8,17a	72,78±12,68a	46,95±9,57a	65,00±11,48a	76,25±12,42a	45,42±8,95a	72,67±12,68a	17,78±3,94a
	Kompostni čaj (CT)	90,83±2,88a	55,00±9,64a	39,17±7,99a	69,17±12,26a	53,33±10,03a	53,61±9,87a	60,00±11,01a	25,83±10,22a	67,33±11,96a	10,56±2,05a
B vrsta proizvoda	Kontrola	86,67±2,12a	94,45±1,41a	70,00±2,44a	98,89±0,70a	87,78±3,06a	85,56±2,81a	100,00±0,00a	83,33±3,80a	95,33±1,84a	16,67±1,22a
	MSW	90,00±5,16a	71,67±8,77b	49,45±5,54b	96,67±0,00a	56,67±4,64b	72,23±4,44b	80,83±8,79ab	30,00±8,06b	97,67±0,95a	18,33±2,06a
	GW	85,05±5,63a	79,45±6,23ab	50,0±3,65b	88,34±3,82b	56,11±4,67b	79,45±7,12ab	50,83±22,00b	28,33±9,72b	87,00±4,37b	21,67±5,95a
	TW	88,33±4,01a	13,34±2,98c	0,00±0,00c	0,00±0,00c	0,00±0,00c	0,00±0,00c	0,00±0,00c	40,83±16,09b	0,83±0,83c	0,00±0,00c
AXB	Kontrola	86,67±3,33abc	94,45±2,22a	70,00±3,85a	98,89±1,11a	87,78±4,84a	85,56±4,44ab	100,00±0,00a	83,33±6,01a	95,33±2,91a	16,67±1,93b
	CE MSW	80,00±5,77bc	91,11±1,11a	57,78±1,11ab	96,67±0,00a	53,33±5,09bc	81,11±2,94b	100,00±0,00a	46,67±6,01b	99,33±0,67a	22,22±2,22b
	CE GW	76,67±6,67c	92,22±4,01a	54,44±1,11bc	95,56±1,11a	46,67±3,33c	93,33±3,85a	100,00±0,00a	50,00±0,00b	96,00±2,31a	32,22±7,78a
	CE TW	93,33±3,33ab	20,00±0,00d	0,00±0,00d	0,00±0,00c	0,00±0,00d	0,00±0,00d	5,00±2,89d	1,67±1,67cd	0,00±0,00c	0,00±0,00d
	CT MSW	100,00±0,00a	52,22±2,22b	41,11±9,10c	96,67±0,00a	60,00±8,39bc	63,34±3,33c	61,67±4,01c	13,33±3,33c	96,00±1,15a	14,44±1,11bc
	CT GW	93,33±6,67ab	66,67±3,84b	45,56±6,76bc	81,11±4,44b	65,56±2,94ab	65,56±6,76c	1,67±1,67d	6,67±1,67cd	78,00±3,06b	11,11±2,22c
	CT TW	83,33±6,67bc	6,67±0,00e	0,00±0,00d	0,00±0,00c	0,00±0,00d	0,00±0,00d	76,67±1,67b	0,00±0,00d	0,00±0,00c	0,00±0,00d
ANOVA											
A		NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
B		NS	*	*	*	*	*	*	*	*	*
AXB		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Prosečna klijavost na ispitivanim podlogama varirala u odnosu na biljnu vrstu, ali bez statistički značajnih razlika između kompostnog ekstrakta i kompostnog čaja TW (tab. 17).

Uticaj nerazblaženih i razblaženih kompostnih proizvoda TW i kontrole (destilovana voda) na klijavost različitih biljnih vrsta bio je statistički značajan, osim kod klijavosti boranije. LSD testom na nivou značajnosti $p = 0.05$ izmerena je statistička značajnost razlika klijavosti na nerazblaženim i razblaženim kompostnim proizvodima TW u okviru biljne vrste, osim kod boranije i salate. Najveći procenat klijavosti kod većine biljnih vrsta bio je na kontrolnoj varijanti, osim kod kupusa gde je najveća klijavost na razblaženju TW 10x i statistički značajno veća u odnosu na ostale varijante ogleda. Poredeći klijavost na razblaženjima 5x i 10x zapaža se da nema statistički značajnih razlika između kontrole i razblaženja 10x kod engleskog ljulja ($78,89 \pm 4,44$), crvenog vijuka ($67,22 \pm 4,34$), paradajza ($74,17 \pm 3,27$) i turskog karanfila ($14,45 \pm 3,29$). Statistički značajnih razlika klijavosti između razblaženja TW 5x i 10x i kontrole nije bilo kod crvenog vijuka, paradajza i turskog karanfila, dok je razlika između razblaženja 5x i 10x statistički značajna kod kupusa i paprike. Klijavost na nerazblaženim proizvodima komposta TW bila je najveća kod boranije ($76,67 \pm 6,67$), a kod ostalih vrsta znatno manja.

Interakcijski efekat između faktora A i B bio je statistički značajan kod svih ispitivanih biljnih vrsta. LSD testom na nivou značajnosti $p = 0.05$ izmerena je statistički značajna razlika klijavosti na razblaženju kompostnog ekstrakta i kompostnog čaja TW 5x kod crvenog vijuka, bele deteline, kupusa, paprike, salate i turskog karanfila. Veći procenat klijavosti kod boranije, engleskog ljulja, bele deteline i kupusa izmeren je na kompostnom ekstraktu TW razblaženom 5x u odnosu na kompostni čaj TW razblažen 5x, dok je kod ostalih vrsta veća klijavost bila je na razblaženju 5x kompostnog čaja. Jedino je kod lucerke identičan stepen klijavosti na oba proizvoda. Na razblaženju 10x kompostnog ekstrakta i kompostnog čaja TW nije bilo statistički značajnih razlika zasejanih biljnih vrsta, osim kod boranije.

Tab.17. Klijavost biljnih vrsta na razblaženjima kompostnog ekstrakta i kompostnog čaja TW

Faktor	Parametri	Boranija	Engleski ljulj	Crveni vijuk	Lucerka	Bela detelina	Kupus	Paradajz	Paprika	Salata	Turski karanfil
A proizvodi	CE TW	87,50±2,79a	63,89±9,67a	46,39±8,40a	61,94±11,07a	56,67±10,14a	71,11±12,54a	60,14±10,66a	37,92±8,36a	25,83±12,35a	8,61±2,41a
	CT TW	77,50±4,46a	61,11±9,87a	54,44±9,68a	62,50±11,13a	54,45±9,93a	67,50±11,94a	75,56±4,69a	45,00±9,49a	26,00±12,33a	12,22±2,30a
B vrsta proizvoda	Kontrola	83,33±4,22a	90,00±2,44a	64,44±1,86a	95,55±1,41a	86,67±1,22a	84,44±1,86c	83,89±8,66a	73,33±5,58a	96,67±1,52a	14,44±0,704a
	TW	76,67±6,67a	9,99±1,22c	0,00±0,00b	0,00±0,00c	0,00±0,00c	0,00±0,00d	31,67±13,82b	1,67±1,67c	0,00±0,00b	0,00±0,00b
	5x	90,00±6,32a	71,11±6,59b	70,00±5,71a	76,67±1,22b	65,56±2,81b	92,78±3,69b	81,67±2,79a	59,17±7,57a	4,67±0,84b	12,78±3,27a
	10x	80,00±4,47a	78,89±4,44ab	67,22±4,34a	76,67±1,22b	70,00±2,78b	100,00±0,00a	74,17±3,27a	31,67±4,59b	2,33±0,95b	14,45±3,29a
AXB	Kontrola	83,33±6,67a	90,00±3,85a	64,44±2,94a	95,55±2,22a	86,67±1,93a	84,44±2,94b	83,89±13,69a	73,33±8,82a	96,67±2,40a	14,44±1,11a
	CE TW	83,33±6,67a	11,11±2,22c	0,00±0,00c	0,00±0,00c	0,00±0,00d	0,00±0,00c	1,67±1,67c	0,00±0,00c	0,00±0,00c	0,00±0,00c
	CE (5x)	96,67±3,33a	80,00±10,00ab	60,00±7,69c	76,67±1,92b	71,11±2,94b	100,00±0,00a	76,67±1,67ab	43,33±6,01b	4,00±0,00c	6,67±3,85bc
	CE (10x)	86,67±3,33a	74,44±4,44ab	61,11±6,76bc	75,55±2,22b	68,89±4,01b	100,00±0,00a	78,33±3,33ab	35,00±7,64b	2,67±1,76c	13,33±6,67ab
	CT TW	70,00±11,55b	8,89±1,11c	0,00±0,00c	0,00±0,00c	0,00±0,00d	0,00±0,00c	61,67±7,26b	3,33±3,33c	0,00±0,00c	0,00±0,00c
	CT (5x)	83,33±12,02a	62,22±6,19b	80,00±1,92a	76,67±1,93b	60,00±0,00c	85,55±4,01b	86,67±3,33a	75,00±0,00a	5,33±1,76b	18,89±1,11a
	CT (10x)	73,33±6,67b	83,33±7,69a	73,33±3,33ab	77,78±1,11b	71,11±2,94b	100,00±0,00a	70,00±5,00ab	28,33±6,01b	2,00±1,15c	15,56±2,94ab
ANOVA											
A		NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS
B		NS	*	*	*	*	*	*	*	*	*
AXB		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Poredeći klijavost na razblaženjima 5x i 10x kompostnog ekstrakta i kompostnog čaja TW i kontrolne varijante, razblaženja kompostnih proizvoda imala su statistički značajno nižu klijavost u odnosu na kontrolnu varijantu kod lucerke, bele deteline i salate. Kod ostalih biljnih vrsta, razblaživanje kompostnog ekstrakata i kompostnog čaja TW doprinelo je povećanju klijavosti.

5.2.3. Sveža i suva masa biljaka i germinacioni indeks (GI)

Statističkom analizom utvrđeno je da postoji statistički značajna razlika sveže mase izmerene na kompostu u odnosu na ostatak od komposta kod boranije, crvenog vijuka, paradajza i paprike, a kod ostalih biljnih vrsta nije bilo statistički značajnih razlika (tab. 18).

Uticaoj treseta (kontrola), različitih vrsta komposta i ostatka od komposta (faktor B) na svežu biomasu bio je statistički značajan kod većine ispitivanih biljnih vrsta. Kod lucerke, kupusa i paradajza postoji statistički značajna razlika sveže biomase na varijantama MSW i GW. Kod većine ispitivanih biljnih vrsta veća sveža biomasa bila je na varijanti GW u odnosu na MSW.

Tab. 18. Sveža masa biljaka na kompostu i ostatku od komposta (g)

Faktori	Parametri	Boranija	Engleski ljulj	Crveni vijuk	Lucerka	Bela detelina	Kupus	Paradajz	Paprika	Salata	Turski karanfil
A proizvodi	Kompost	8,8036±1,3311b	0,1924±0,0133a	0,1636±0,1423b	0,4106±0,9667a	0,2423±0,1864a	1,3439±0,1689a	0,9711±0,1811b	0,1869±0,6734b	1,6684±0,2339a	0,0241±0,0123a
	Ostatak komposta (RC)	17,3637±1,2092a	0,2357±0,0396a	0,4235±0,0923a	0,4954±0,0677a	0,2148±0,0069a	1,3553±0,2031a	1,5731±0,1714a	0,4979±0,01659a	1,6497±0,2137a	0,2814±0,1407a
B vrsta proizvoda	Kontrola	13,7120±0,2485a	0,1497±0,0114b	0,1803±0,0063b	0,7649±0,00287a	0,2254±0,0042a	1,9405±0,0983a	1,5050±0,0094a	0,4482±0,0044a	2,4645±0,0042a	0,4583±0,1727a
	MSW	10,6459±2,7257a	0,1813±0,0079ab	0,2528±0,0236a	0,2404±0,0629c	0,2094±0,0099a	1,3932±0,0707b	0,6486±0,1647b	0,2434±0,1089a	1,1552±0,1391b	0,00±0,00b
	GW	14,8931±3,0561a	0,3113±0,0365a	0,4476±0,1511a	0,3537±0,0082b	0,2509±0,0278a	0,7155±0,0469c	1,6628±0,2392a	0,3357±0,0998a	1,3575±0,1518b	0,00±0,00b
AXB	Kontrola	13,7120±0,3929c	0,1497±0,0181d	0,1803±0,0099c	0,7649±0,0046a	0,2254±0,0066b	1,9405±0,1555a	1,5050±0,0148b	0,4482±0,0069c	2,4645±0,0066a	0,8443±0,0054a
	Kompost MSW	4,6307±0,2018e	0,1969±0,0061bc	0,2007±0,0064c	0,0998±0,0045d	0,1892±0,0084c	1,2714±0,0135b	0,2804±0,0066e	0,00±0,00e	0,8443±0,0054e	0,00±0,00b
	Kompost GW	8,0668±0,2143d	0,2306±0,0100b	0,1097±0,0033d	0,3670±0,0082b	0,3124±0,0069a	0,8198±0,0083c	1,1279±0,0060c	0,1126±0,0059d	1,6965±0,0079b	0,00±0,00b
	RC MSW	16,6610±0,9619b	0,1656±0,0061dc	0,3048±0,0049b	0,3809±0,0048b	0,2295±0,0040b	1,5149±0,0998b	1,0167±0,0045d	0,4867±0,0078b	1,4662±0,0051c	0,00±0,00b
	RC GW	21,7181±0,2688a	0,3919±0,0081a	0,7854±0,0048a	0,3404±0,0096c	0,1894±0,0048c	0,6112±0,0073c	2,1976±0,0064a	0,5587±0,0071a	1,0185±0,0129d	0,00±0,00b
ANOVA											
A		*	NS	*	NS	NS	NS	*	*	NS	NS
B		NS	*	NS	*	NS	*	*	NS	*	*
AXB		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

Interakcijski efekat između faktora A i B bio je statistički značajan kod svih ispitivanih biljnih vrsta. LSD testom na nivou značajnosti $p = 0.05$ izmerena je statistički značajna razlika između komposta/ostatka od komposta MSW, komposta/ostatka od komposta GW i kontrole kod boranije, paradajza, paprike i salate. Više sveže biomase izmereno na ostatku komposta u odnosu na kompost GW kod boranije, engleskog ljulja, crvenog vijuka, paradajza i paprike. Statistički značajno viša masa svežih biljaka na ostataku komposta MSW u odnosu na ostatak od komposta GW izmerena je kod lucerke, bele deteline, kupusa i salate, dok je kod ostalih biljnih vrsta bila statistički veća masa svežih biljaka na ostatku od komposta GW. Kod turskog karanfila osim u kontrolnoj varijanti, nije bilo klijavosti.

Količina suve mase statistički se značajno razlikuje između komposta i ostatka komposta kod boranije i paprike. Kod ostalih ispitivanih biljnih vrsta nema statistički značajnog uticaja komposta i ostatka komposta na količinu suve mase (tab. 19).

Posmatrajući statističku razliku količine suve mase na varijantama MSW i GW, statistički značajna razlika suve mase izmerena je kod engleskog ljulja, crvenog vijuka, kupusa, paradajza i salate. Kod ostalih biljnih vrsta nije izmerena statistički značajna razlika suve mase između varijanti MSW i GW. Suva masa biljaka na kontrolnoj varijanti statistički je značajno viša u odnosu na varijantu MSW kod lucerke, kupusa, paradajza i turskog karanfila. Posmatrajući faktor B, statistički značajna razlika nije izmerena između kontrolne varijante i varijante GW kod boranije, bele deteline, paradajza i paprike, a kod ostalih biljnih vrsta postoji statistički značajna razlika.

Interakcijski efekat između faktora A i B bio je statistički značajan kod većine ispitivanih biljnih vrsta, osim bele deteline. LSD testom na nivou značajnosti $p = 0.05$ izmerena je statistički značajna razlika suve mase između komposta MSW i ostatka komposta MSW kod boranije, engleskog ljulja, paprike i salate. Statistički značajna razlika GW komposta i ostatka komposta GW izmerena je kod boranije, engleskog ljulja, crvenog vijuka, paradajza, paprike i salate.

Tab. 19. Suva masa biljaka na kompostu i ostatku od komposta (g)

Faktori	Parametri	Boranija	Engleski ljulj	Crveni vijuk	Lucerka	Bela detelina	Kupus	Paradajz	Paprika	Salata	Turski karanfil
A proizvodi	Kompost	0,7225±0,1093b	0,0219±0,0029a	0,0420±0,0112a	0,0367±0,0078a	0,0272±0,0098a	0,0807±0,009a	0,0624±0,0111a	0,0139±0,0049b	0,0857±0,0081a	0,0011±0,0007a
	Ostatak komposta (RC)	1,4332±0,1609a	0,0246±0,0048a	0,0360±0,0069a	0,0379±0,0062a	0,0139±0,0030a	0,0767±0,0116a	0,1029±0,0181a	0,0341±0,0027a	0,2403±0,0753a	0,0011±0,0007a
B vrsta proizvoda	Kontrola	1,0819±0,0076a	0,0147±0,0037b	0,0206±0,0098b	0,0558±0,0070a	0,0292±0,0152a	0,1135±0,0057a	0,0906±0,0031a	0,0316±0,0034a	0,1024±0,0042b	0,0034±0,0008a
	MSW	0,7978±0,2194a	0,0209±0,0038b	0,0244±0,0056b	0,0170±0,0056b	0,0136±0,0031a	0,0743±0,0073b	0,0374±0,0148b	0,0175±0,0081a	0,0660±0,0054b	0,00±0,00b
	GW	1,3539±0,2956a	0,0342±0,0030a	0,7215±0,0071a	0,0363±0,0052b	0,0188±0,0036a	0,0483±0,0071c	0,1200±0,2009a	0,0230±0,0064a	0,3206±0,0986a	0,00±0,00b
AXB	Kontrola	1,0819±0,0121b	0,0147±0,0059b	0,0206±0,0047c	0,0558±0,0111a	0,0444±0,0294a	0,1135±0,0091a	0,0906±0,0049b	0,0316±0,0053a	0,1024±0,0067b	0,0034±0,0012a
	Kompost MSW	0,3786±0,0866c	0,0228±0,0043a	0,0191±0,0008c	0,0099±0,0011c	0,0131±0,0045a	0,0690±0,0141bc	0,0203±0,0046c	0,00±0,00b	0,0547±0,0034d	0,00±0,00b
	Kompost GW	0,7071±0,1089c	0,0283±0,0019b	0,0865±0,0033a	0,0443±0,0056ab	0,0241±0,0045a	0,0595±0,0091bc	0,0762±0,0081b	0,0102±0,003b	0,1001±0,0024b	0,00±0,00b
	RC MSW	1,2169±0,2398b	0,0191±0,0071b	0,0296±0,0113c	0,0295±0,0076bc	0,0140±0,0052a	0,0796±0,0061b	0,0545±0,0279bc	0,0349±0,0048a	0,0774±0,0025c	0,00±0,00b
	RCGW	2,008±0,0816a	0,0401±0,0026a	0,0578±0,0061b	0,0283±0,00612bc	0,0135±0,0041a	0,0371±0,0065c	0,1638±0,0059a	0,0358±0,0055a	0,5410±0,0027a	0,00±0,00b
A		*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS
B		NS	*	*	*	NS	*	*	NS	*	*
AXB		*	*	*	*	NS	*	*	*	*	*

Germinacioni indeks (GI)

Na osnovu klijavosti semena salate i ječma na različitim razblaženjima kompostnog ekstrakta i kompostnog čaja MSW i GW, utvrđen je biopotencijal kompostnog ekstrakta i kompostnog čaja, kao i efekat njihovih razblaženja, prikazan u procentima (tab. 20).

Tab. 20. Promena germinacionog indeksa kod semena salate i ječma tretiranih nerazblaženim i razblaženim kompostnim ekstraktima i čajevima

Biljne vrste	Razblaženja	Kompostni ekstrakt			Kompostni čaj		
		Germinacioni indeks (%)					
		MSW	GW	TW	MSW	GW	TW
Salata	100%	25,4	48,4	0,0	52,8	97,9	0,0
	75%+25%	30,7	62,7	0,0	58,3	137,4	0,0
	50%+50%	52,1	84,1	0,0	68,7	148,2	0,0
	25%+75%	73,4	96,0	0,0	132,1	170,9	0,0
	Prosek	45,4	72,8	0,0	80,0	138,6	0,0
Ječam	100%	44,0	27,3	0,0	95,3	78,2	0,0
	75%+25%	58,0	45,1	0,0	83,4	78,2	0,0
	50%+50%	86,0	79,7	0,0	93,2	71,3	0,0
	25%+75%	98,0	100,0	2,8	92,0	72,4	37,7
	Prosek	71,5	63,0	0,7	91,0	75,0	9,4

Vrednosti GI razlikovale su se između varijanti supstrata, ali i između ispitivanih biljnih vrsta. Najniže vrednosti germinacionog indeksa su na varijantama MSW kompostnog ekstrakta bez razblaženja - kod salate 25,4%, a kod ječma 44,0%. Sa razblaženjem MSW kompostnog ekstrakta došlo je do povećanja GI, s tim što je razblaženje MSW kompostnog ekstrakta imalo veći uticaj na povećanje GI kod ječma (58,0-98,0%) u odnosu na salatu (30,7-73,4%). Vrednosti GI na svim varijantama ogleđa ispitivane salate imaju više vrednosti kod kompostnog ekstrakta dobijenog od GW komposta. Najniža vrednost GI kod salate primenom kompostnog ekstrakta GW je bez razblaženja (48,4%) a sa povećanjem razblaženja GI je povećan (62,7-96,0%). GI kod ječma primenom kompostnog ekstrakta GW imao je najnižu vrednost na varijanti bez razblaženja (27,3%) a sa povećanjem razblaženja povećao se i GI (45,1-100%).

Vrednosti GI kod ispitivanih kompostnih čajeva su uglavnom znatno više u odnosu na kompostne ekstrakte kod obe ispitivane biljne vrste. GI kod kompostnog čaja dobijenog od MSW na ispitivanoj salati imao je najnižu vrednost na varijanti bez razblaženja (52,8%), a sa povećanjem razblaženja vrednost se kretala od 58,3-132,1%. Istraživanja sa kompostnim čajem dobijenim od komposta GW ukazuju na znatno više vrednosti GI kod salate u odnosu na predhodne varijante ogleda. Na varijanti primene kompostnog čaja GW na salati bez razblaženja GI iznosio je 97,9%, a na ostalim varijantama kod salate kretao se od 137,4-170,9%, što su i najviše vrednosti GI na ispitivanom ogledu. Identične vrednosti GI zabeležene su na varijanti bez razblaženja i varijanti 75%+25% (78,2%), a sa razblaženjem supstrata došlo je do smanjenja GI (71,3-72,4%). Na nerazblaženim varijantama kompostnog ekstrakta i kompostnog čaja TW i svim razblaženjima (osim 25%+75%), ispitivane biljne vrste nisu klijale. Klijavost semena salate na razblaženju 25%+75% iznosila je 2,8%, a ječam je na istom razblaženju imao klijavost od 37,7%.

6. DISKUSIJA

6.1. Hemijske i mikrobiološke karakteristike komposta i kompostnih proizvoda

Kvalitet dobijenog komposta u pogledu hemijskih i mikrobioloških parametara ima odlučujuću ulogu u primeni kako sa aspekta primenjenih količina tako i mogućnosti primene za određene biljne vrste. Primenom komposta u poljoprivrednim zemljištima može se postići: poboljšanje agregatne strukture zemljišta, koja zajedno sa plodnošću i drugim činiocima dovodi do veće produktivnosti; povećanje poroznosti zemljišta koja povećava njegovu sposobnost zadržavanja vode; poboljšanje konzistencije zemljišta; formiranje jedinjenja pristupačnih za ishranu biljaka; povećanje zemljišne sposobnosti razmene katjona; povećanje pufernog kapaciteta zemljišta usled dodavanja koloida i humusnih supstanci (Kiehl, 1985; Castaldi i sar., 2005).

6.1.1. Hemijske karakteristike komposta i kompostnih proizvoda

Posmatrajući vrednosti sadržaja osnovnih hemijskih karakteristika komposta koji su korišćeni kao polazni materijal za dobijanje proizvoda komposta, zapaža se da je ispiranjem komposta došlo do smanjenja sadržaja organske materije, organskog ugljenika, sadržaja CaCO_3 i soli (tab. 2), dok je pH vrednost povećana. Rashad i sar. (2010) u svojim istraživanjima ukazali su da je kompost zreo i dobro struktuiran sa pH vrednosti u rasponu od 7,96 do 8,45. Rezultati istraživanja sadržaja osnovnih hemijskih karakteristika komposta dobijenog od zelene mase (trave i lišća) ukazuju da su vrednosti pojedinih parametara nešto niži u odnosu na kompost dobijen od gradskog otpada. Vrednost pH bila je viša na ispranom kompostu GW (8,10) u odnosu na početni kompost (7,96), što je niža vrednost i u odnosu na kompost i ostatak od komposta MSW. Proporcionalno smanjenju sadržaja organske materije došlo je do povećanja sadržaja pepela u odnosu na početni kompost MSW. Sadržaj organske materije bio je viši na početnom kompostu GW (24,70%) u odnosu na ostatak od komposta GW (21,50%), što je i očekivano, dok je sadržaj mineralnih materija bio viši u ostatku od komposta GW u odnosu na kompost GW. Sadržaj organske materije u kompostu vrši

snažan uticaj na plodnost zemljišta, povećanjem dostupnosti biljnih hraniva, poboljšanjem strukture zemljišta i sposobnosti zadržavanja vlage u zemljištu, kao i time što vrši ulogu akumulacije toksičnih, teških metala u zemljištu (Stevenson, 1985). Sadržaj ukupnog N, ukupnog S i CaCO_3 imao je neznatna variranja u kompostu i ostatku od komposta GW, što može biti uzrokovano heterogenošću uzorkovanog materijala. Rezultati naših istraživanja (tab. 2) ukazuju da je pH vrednost, ukupni N, ukupni C i odnos C:N imao niže vrednosti u odnosu na rezultate koje su dobili Shabani i sar. (2011), dok je sadržaj P, K, Ca, Mg bio znatno viši u našim istraživanjima. Do sličnih zaključaka došli su i Sefidkoohi i sar. (2012) i Ros i sar. (2006).

Rezultati ukazuju na smanjenje sadržaja soli nakon ispiranja polaznih komposta. Yeo i sar. (1997) su utvrdili da povećan sadržaj soli utiče na klijanje semena i rast biljaka, pri čemu se uzima u obzir činjenica da rastvorene soli smanjuju vodni potencijal zemljišnog rastvora, otežavajući usvajanje vode od strane semena i korena; osim toga, postoji kompeticija između jona soli i hemijski sličnih jona, što može da dovede do nedostatka hranljivih materija u biljkama. Na osnovu ovih činjenica može se očekivati osetljivost pojedinih biljnih vrsta prilikom klijavosti na čistim podlogama komposta koje imaju povećan sadržaj soli.

U skladu sa predhodno navedenim rezultatima hemijskih analiza, utvrđeni su i rezultati odnosa C:N, tako da je odnos C:N u kompostu MSW imao vrednost 12,7:1, ostatku od komposta 12,2:1. Približne vrednosti odnosa C:N utvrđene su na varijantama GW komposta (ostatak od komposta GW imao vrednost 12,4:1, a kompost GW 12,2:1). C/N odnos je važan parametar zrelost komposta, koji može zavistiti od varijacija organske materije i njenih karakteristika. Promene u sadržaju ugljenika i azota odražava se na raspadanje organskih materija i stepen stabilizacije tokom kompostiranja. Prema Watson (2003) C/N odnos treba da bude 15-25:1. Hortenstine i Rothwell (1973) tvrde da vrednost C:N oko 15 izražava stabilizaciju kompostiranja mase. Iglesias-Imenez i Perez-Garcia (1992) su prikazali da vrednosti ispod 12 ukazuju na visok stepen zrelosti komposta. Hranljive materije i sadržaj teških metala prisutan u našim kompostima su u okviru prihvatljivih granica za kompostiranje standarda objavljenih na drugim mestima (Guerini i sar., 2006).

Zeleni otpad (GW) može imati poljoprivredno, industrijsko i urbano poreklo i najčešće je heterogenog i sezonskog karaktera. Smatra se da je kompostiranje ovog materijala (Khalil, 2005) značajno za poboljšanje plodnosti zemljišta (Abad i Noguera, 1997). Kompost GW, s obzirom na rezultate ispitivanja, može biti dobra polazna osnova za dobijanje produkata, a što je i utvrđeno u daljim eksperimentalnim istraživanjima. Vrednost ove vrste otpada leži u sadržaju niskih mikro-polutanata i pozitivnog efekta kod poljoprivrednika, kao krajnjih korisnika ovog proizvoda (Abdul Khalil i sar., 2008). Huang i sar. (2004) su utvrdili slične rezultate, a do sličnih konstatacija došli su i Felicita i sar. (2003). Međutim, hemijske analize duvanskog otpada bile su niže od vrednosti koje su dobili Okur i sar. (2008).

Hemijske karakteristike komposta, ostataka od komposta i kompostnih proizvoda uticale su na klijavost semena. Visoke koncentracije soli u kompostu dobijenom od mešanog komunalnog otpada mogu negativno uticati na klijavost biljaka, tako da se takav kompost može imati upotrebu van poljoprivrede, za rekultivaciju i melioracije zemljišta. Slične rezultate su utvrdili i Peverly i sar. (1994). Pored primene u poljoprivredi, kompost nastao od komunalnog otpada koristi se i u smeši sa zemljištem ili industrijskim otpacima za stvaranje antropogenih zemljišta koja se koriste za melioraciju rudnika šljunka, lokacija sa ostacima uglja, zaustavnih traka na putu, terena na kojima se nalaze napušteni otvoreni kopovi (Munshower, 1994; Peot i Thompson, 1996) i zatvorene deponije (Marchiol i sar., 1997).

Osnovne hemijske karakteristike na osnovu kojih se vrši karakterizacija kompostnih ekstrakata i kompostnih čajeva razlikuju se od komposta i ostataka komposta.

Kompostni ekstrakti su produkti komposta, nastali ekstrakcijom hranljivih materija iz komposta u kratkom vremenskom roku (5h) bez aeracije. Za razliku od kompostnih ekstrakata, kompostni čaj nastao je ekstrakcijom komposta u dužem vremenskom periodu, uz aerisanje. Kompostni ekstrakt ili „kompostni čaj“ predstavlja tečni ekstrakt komposta dobijen mešanjem komposta i vode tokom utvrđenog vremenskog perioda (Ingham, 2002). Kompostni čaj sadrži hranljive materije i niz različitih mikroorganizama koji uneti u zemljište ili primenjeni direktno na biljku, deluju različitim mehanizmima (Hargreaves i sar., 2009). Takođe, poznato je da ovi

proizvodi imaju i fitotoksične efekte (Carballo i sar., 2009). Primenom kompostnog čaja u zemljište se unose hranljivi elementi, organska materija i mikroorganizmi.

Poredeći prosečne rezultate sadržaja osnovnih biogenih elemenata u kompostnim ekstraktima i kompostnim čajevima (tab. 5) zapaža se da postoje određena razlika u sadržaju pojedinih parametara. Pored razlika u sadržaju pojedinih parametara između kompostnih ekstrakata i kompostnih čajeva, zapaža se i znatna razlika između kompostnih ekstrakata i kompostnih čajeva u zavisnosti od polazne osnove za kompostiranje. Najveće vrednosti ispitivanih parametara bile su na varijantama TW (tab. 5).

Unsal i Ok (2001) su primenom hemijskih metoda izvršili karakterizaciju huminske kiseline ekstrahovane iz različitih organskih otpadnih materijala. Hemijske osobine huminskih kiselina razlikovale su u zavisnosti od vrste otpada iz koje su dobijene. Sadržaj C u huminskim kiselinama iz organskog otpada (41,1-63,2%) kretao se u nivou vrednosti C u huminskim kiselinama u zemljištu, sa izuzetkom kompostovane kore drveta i duvanskog praha. Istraživanjima je utvrđeno i da je u poređenju sa zemljišnim huminskim kiselinama, sadržaj N u huminskim kiselinama iz kanalizacionog mulja i mulja iz industrije piva bio mnogo veći (Pascual i sar., 2007). Sadržaj biogenih elemenata u ispitivanim ekstraktima MSW i GW je u skladu sa rezultatima drugih autora (Loll, 1994; Krogmann i Woyczehowski, 2000; Bartlett, 2006), dok su Marques i Hogland (2001) dobili slične rezultate u pogledu sadržaja biogenih elemenata u kompostnim čajevima MSW i GW.

Posmatrajući sadržaj biogenih elemenata u kompostu i ostatku od komposta, rezultati ukazuju na znatna variranja između varijanti komposta i ostatka komposta. Sadržaj amonijačnog azota nije se promenio tokom ispiranja komposta MSW, dok je došlo do znatnog smanjenja nitratnog azota. Sadržaj pristupačnog P povećan je u ostatku od komposta MSW $293 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$ (tab. 4). Utvrđeno je da određeni faktori uključujući pH, jačine jona i prisustvo pojedinih jona konkurentski utiču na adsorpciju fosfata (Antelo i sar., 2005, 2007; Geelhoed i sar., 1997). Nivo pristupačnog K smanjen je ispiranjem komposta MSW (sa $687,5$ na $622,0 \text{ mgx}100\text{g}^{-1}$). Soumare i sar. (2003) je naveo da od ukupnog K u MSW kompostu, 36-48% je dostupno biljkama. Sadržaj makroelemenata fosfora, kalijuma, kalcijuma i magnezijuma imao je neznatna variranja u sadržaju između varijante komposta GW i ostatka od komposta GW. Rezultati

ukazuju da je visok nivo makroelemenata ostao vezan za čvrstu fazu komposta, a moguća je i pojava antagonizma između pojedinih jona. Sefidkoohi i sar. (2012) su takođe utvrdili niže vrednosti osnovnih parametara komposta u odnosu na naše rezultate istraživanja, ali je sadržaj P i K imao znatno više vrednosti u odnosu na naša istraživanja.

Sadržaj kalcijuma i magnezijuma smanjen je ispiranjem MSW komposta, s tim da je došlo do većeg ispiranja Mg od Ca tako da je povećan odnos Ca/Mg sa 10,6:1 na 11,1:1. Odnos Ca/Mg imao je višu vrednost na varijanti komposta GW (11,6:1), u odnosu na ostatak od komposta (10,0:1). Sličan rezultat istraživanja bio je i kod odnosa C/S tako da je u kompostu GW odnos C/S iznosio 53,7:1, u odnosu na kompost nakon ispiranja (37,8:1). Dobijene vrednosti istraživanja ukazuju da je deo makroelemenata i biogenih elemenata ispran u ostatak od komposta, dok je ostatak zadržan u kompostnom ekstraktu koji je nastao kao kompostni proizvod. Do i Scherer (2012) su izmerili identičnu pH vrednost GW komposta kao u našim istraživanjima, dok su ostale vrednosti ispitivanih parametara bile više. Odnos C/N je bio niži u odnosu na naša istraživanja. Shabani i sar. (2011) utvrdili su znatno niže vrednosti P, K, Ca, Mg u odnosu na naše rezultate istraživanja, a slične rezultate je utvrdio i Ros i sar. (2006). Cole (1994) utvrdio je sadržaj K, Ca, Mg u GW kompostnom ekstraktu, koji su u saglasnosti sa rezultatima naših istraživanja. Loll (1994) je utvrdio znatno više vrednosti K i P u kompostnim ekstraktima u odnosu na naše rezultate istraživanja.

Sadržaj ukupnih mikroelemenata u kompostu MSW i ostatku od komposta MSW ukazuje na određena variranja u zavisnosti od sposobnosti stvaranja kompleksnih jedinjenja mikroelemenata i humusnih jedinjenja komposta. Prosečan sadržaj Fe u MSW varijantama komposta iznosio je 1,92%, dok je prosečan sadržaj Fe u GW kompostima niži u odnosu na MSW komposte (1,78%). Procenat Al ostao na istom nivou na varijanti MSW (1,36%), dok je na varijantama GW komposta prosečni sadržaj iznosio 1,01%. Gerke (1993), Borggaard i sar. (2005) i Guan i sar. (2006) su ukazali da nevezane humusne supstance (npr. fulvo kiselina) pokazuju konkurentsku adsorpciju sa fosfatima, oksidima gvožđa i oksidima aluminijuma. S druge strane, humusna supstanca (npr. huminskih kiselina) može potencijalno da doprinese adsorpciji (vezivanju za adsorptivni kompleks) zagađivača – teških metala.

Prosečan sadržaj ukupnog Mn, Cu i Zn bio je znatno viši u kompostima MSW u odnosu na komposte GW. Zhou i sar. (2012) su utvrdili da je nivo Cu i Zn bio je približan 52% i 30% CCME ograničenju, tako da se preporučuje da metali koji sadrže nečistoće, posebno one vrste koje su pokazali značajno povećanje sadržaja metala u kompostu treba da budu uklonjeni iz kompostne sirovine pre procesa kompostiranja, a što je u skladu i sa rezultatima naših istraživanja. Sefidkoohi i sar. (2012) su utvrdili znatno niže vrednosti Zn, Mn u odnosu na naša istraživanja, dok je sadržaj Cu bio približan vrednostima naših istraživanja.

Sadržaj mikroelemenata u kompostima i ostacima komposta ukazuje na određena variranja u zavisnosti od porekla početnog materijala. Sadržaj ispitivanih mikroelemenata u našim istraživanjima bio je znatno viši u odnosu na rezultate koje su dobili Ros i sar. (2006). Jordao i sar. (2006) su ispitivali uticaj pH vrednosti na dostupnost mikroelemenata u zemljištu, pri čemu je utvrđen padajući niz njihovog prisustva, koji se razlikuje od naših istraživanja i ima sledeći niz prosečnih vrednosti: Mn>Zn>Ni>Cr>Pb>Cu>As>Co. Povećan sadržaj mikroelemenata u ostatku od komposta ukazuje na heterogenost komposta. Uprkos povoljnim uticajima komposta na poboljšanje plodnosti zemljišta i drugih osobina zemljišta, visoke koncentracije metala u ovom materijalu mogu da predstavljaju problem i ograničavajući faktor u njegovom iskorišćavanju.

Poredeći rezultate ispitivanja sadržaja ukupnih mikroelemenata (tab. 6) i lako pristupačnih mikroelemenata (tab. 7) u kompostu i ostatku od komposta MSW/GW, zapaža se da je nivo pristupačnih mikroelemenata značajno niži od ukupnih mikroelemenata. Poređenjem rezultata ispitivanja sadržaja ukupnih mikroelemenata u različitim varijantama komposta sa sadržajem ukupnih i lakopristupačnih mikroelemenata u ostatku od komposta i kompostnim ekstraktima, zapaža se da je najveći deo mikroelemenata zadržan u ukupnom sadržaju vezan u organskom helatnom kompleksu, ali i činjenicu da je deo lako pristupačnih mikroelemenata dospeo u proizvode komposta (kompostni ekstrakt i kompostni čaj). U aerisanim ekstraktima je povećan sadržaj mikronutritijenata Fe, Mn i Zn i B (tab. 8), a Pant i sar. (2009), takođe ukazuju da u aerisanim kompostnim ekstraktima je povećan sadržaj makronutritijenata, kao i sekundarnih nutritijenata (Ca, Mg, Na) i mikronutritijenata (Fe, Mn, Zn, Cu, B) u odnosu na neaerisane ekstrakte.

Sadržaj pojedinih mikroelemenata je iznad dozvoljenih vrednosti za komposte po kriterijumima i zakonskoj regulativi Nemačke i Velike Britanije. Visoke koncentracije se zapažaju kod MSW komposta, a mikroelementi koji su iznad dozvoljenih vrednosti su Zn (249 mg/kg), Ni (122 mg/kg), Cd (2,2 mg/kg) i As (16,5 mg/kg). Kod komposta dobijenog od zelene mase (GW) takođe se zapaža povećana koncentracija mikroelemenata, ali su te vrednosti nešto niže u odnosu na MSW. Kod GW komposta povećan je sadržaj Ni (127 mg/kg), Cd (1,7 mg/kg) i As (11 mg/kg). Visok sadržaj mikroelemenata u MSW uslovljen je heterogenošću polaznog materijala od kojeg je kompost dobijen, a takođe brojna istraživanja ukazuju da kompost dobijen od MSW u velikim gradovima sadrži više mikroelemenata od komposta u manjim gradovima. Visok sadržaj pojedinih mikroelemenata u GW uslovljen je matičnim supstratom na kome su gajene biljke, kao i hemijskim sastavom izduvnih gasova u gradskim sredinama. Ukoliko je kompost zreliji veći je sadržaj huminskih u odnosu na fulvo kiseline i samim tim teški metali se vezuju u helatne komplekse, što otežava njihovo izdvajanje u zemljišni rastvor ili usvajanje od strane biljaka. Na osnovu CFIA (CCME, 2005), ostatak od komposta MSW bio je u grupi B kategorije-ograničena upotreba, usled nešto višeg sadržaja As, Mo, Ni u odnosu na sadržaj koji podrazumeva kategorija A. Kompost GW pripada kategoriji B usled prisustva Ni. Huminski materijal u kompostu povećava se tokom sazrevanja i vezuje teške metale, čime se smanjuje njihova dostupnost (Pare i sar., 1999). Rastvorljive frakcije teških metala u vodi se smanjuju i stabilizuju posle termofilne faze kompostiranja.

Na prosečan sadržaj mikroelemenata u kompostnim ekstraktima i kompostnim čajevima uticao je sastav polaznih komponenti od kojih je dobijen kompost, a samim tim i vrsta komposta od kojeg su dobijeni produkti komposta. Kompostni ekstrakti su uglavnom imali niže vrednosti sadržaja mikroelemenata u odnosu na kompostne čajeve (tab. 8). Metalni joni u većoj koncentraciji su zastupljeni u MSW varijantama komposta u odnosu na GW, što je i očekivano zbog pojave metalnih predmeta u materijalu za kompostiranje. Na varijanti MSW kod ispitivanog kompostnog ekstrakta zapaža se viši sadržaj Mn, Zn, B, Mo u odnosu na istu varijantu kompostnog čaja. Ova pojava nije primećena u kompostnim čajevima. Više vrednosti sadržaja mikroelemenata u varijantama TW takođe su posledica hemijskog sastava polaznih sirovina - duvanskog otpada. Sadržaj Cu, Co, Pb na varijanti MSW i kod ispitivanog kompostnog ekstrakta i

kompostnog čaja je identičan, a sadržaj Fe, Ag, Cr, Cd i Ni je niži na istoj varijanti u ispitivanom kompostnom ekstraktu u odnosu na kompostni čaj. Navedeni rezultati ukazuju da sadržaj mikroelemenata u kompostnom ekstraktu i kompostnom čaju zavisi od dužine ekstrakcionog perioda, ali i od jačine helatnog kompleksa kojima se vezuju mikroelementi u organskim supstratima. Poredeći rezultate istraživanja kompostnih ekstrakata i kompostnih čajeva GW i TW varijanti utvrđeno je da je sadržaj većine mikroelemenata niži kod kompostnih ekstrakata u odnosu na kompostni čaj. Sadržaj Cu i Zn u kompostnim ekstraktima bio je znatno viši u odnosu na rezultate koje je dobio Bartlett (2006), gde se posebno zapaža znatno veća koncentracija ovih elemenata u kompostnom ekstraktu TW. Međutim, u poređenju sa rezultatima koje je dobio Loll (1994) zapaža se da je sadržaj teških metala niži od vrednosti dobijenih u našim istraživanjima, dok je Cole (1994) utvrdio sličan sadržaj mikroelemenata u kompostnim ekstraktima našim rezultatima istraživanja, osim kod TW kompostnog ekstrakta. Kompostni čaj koji su ispitivali Marques i Hogland (2001) imao je znatno niže vrednosti Fe u odnosu na kompostne čajeve naših istraživanja, kao i sadržaj Mn koji je bio niži. Vrednosti Zn, Cu, Pb, Cr, Cd, Ni, Co bile su znatno više u navedenim istraživanjima u odnosu na naša ispitivanja.

6.1.2. Mikrobiološke karakteristike komposta i kompostnih proizvoda

Sanitarne deponije, kao metod odlaganja čvrstog komunalnog otpada, su najčešći način upravljanja otpadom u mnogim zemljama. Na deponijama se odvija proces aerobne bioredukcije čvrstog biorazgradljivog otpada i na taj način smanjuje se masa otpada, ali tek nakon 8-10 godina proizvod koji nastaje je stabilan i može se bezbedno koristiti. Imajući u vidu neprestano povećanje količina komunalnog otpada i ograničenost površina zemljišta za podizanje sanitarnih deponija, jasno je da ovaj pristup rešavanju problema nije održiv.

Konverzija komunalnog otpada u stabilnu organsku materiju kompostiranjem je prihvatljiv način rešavanja problema gde se, tokom mikrobiološkog procesa transformacije organske materije, pored drugih jedinjenja, oslobađa ugljen dioksid, voda, toplota i nastaje humus (Epstein, 1997) i dolazi do redukcije patogena (Ingram i Millner, 2007). Kompostiranje može biti opcija, kojom se inaktiviraju patogeni uz

istovremeno nastajanje kvalitetnog đubriva za poljoprivrednu proizvodnju (Hao i sar., 2009).

Kompostiranje je proces koji se odvija zahvaljujući aktivnosti mikroorganizama i kompost koji nastaje je stabilan proizvod organskog otpada koji se koristi kao zemljišni kondicioner i izvor nutritijenata za biljke. Aktivna komponenta u biodegradaciji organskog otpada su mikrobne zajednice (Peters i sar., 2000), koje čine populacije bakterija, aktinomiceta i gljiva (Trautmann i Olynciw, 2003). U kompostu dobijenom od različitih vrsta otpada potvrđeno je prisustvo populacija bakterija, gljiva i aktinomiceta (tab. 9). Sve ove mikrobne populacije obavljaju različite procese u toku kompostiranja i doprinose nastanku komposta i kompostnih proizvoda. Transformacija celuloze, lignoceluloze, lignina i drugih polimera, tokom kompostiranja moguća je samo u prisustvu različitih mešanih mikrobni populacija (Perez i sar., 2002). U cilju poboljšanja kvaliteta komposta i ubrzanja procesa transformacije organske materije neophodno je identifikovati mikroorganizme koji dominiraju u pojedinim fazama kompostiranja. Ghazifard i sar. (2001) su identifikovali termofilne i mezofilne mikroorganizme u komunalnom čvrstom otpadu i konstatovali da do 20-og dana kompostiranja dominiraju rodovi *Escherichia*, *Klebsiella*, *Aeromonas*, *Alcaligenes*, *Enterococcus* i *Bacillus*, a nakon toga od mezofilnih jedino je prisutan rod *Bacillus*. U kompostu dobijenom od MWS i GW, koji su nastali od različitih početnih materijala, dominantne su bakterijske populacije, dok razlike postoje u brojnosti populacija gljiva koje su dominantne u GW kompostu (tab. 9). Praćenje mikrobni populacija tokom čitavog procesa kompostiranja je neophodno da bi se utvrdilo kako fizičke i hemijske karakteristike utiču na mikrobiološku aktivnost i degradaciju organske materije a samim tim i na prisustvo nepoželjnih i patogenih mikroorganizama (Sanabria-Leon i sar., 2007).

Dominantne funkcionalne grupe mikroorganizama u kompostnim čajevima su vrste iz rodova *Bacillus sp.*, *Pseudomonas sp.*, mlečne bakterije *Lactobacillus* i druge bakteije vrste, kao i aktinomicete, kvasci, *Trichoderma sp.*, *Penicillium* (Naidu i sar., 2012). Ovi mikroorganizmi mogu da proizvode biljne hormone ali i različita hemijska jedinjenja (npr. siderofore, tanine, fenole) koja su antagonisti, i tako stupaju u antagonističke odnose sa nekim zemljišnim patogenima (Antonio i sar., 2008). El-Masry i sar. (2002) kao i Naidu i sar. (2010) ističu da u kompostnom ekstraktu

dobijenom od različitih poljoprivrednih komposta dominiraju *Bacillus sp.*, *Micrococcus sp.*, *Staphylococcus sp.* i *Corynebacterium sp.* a od gljiva *Aspergillus sp.*, *Rhizopus sp.* i različite aktinomicete i da oni imaju glavnu ulogu u supresiji patogenih gljiva. Neke druge mikrobne populacije koje su prisutne u kompostnim proizvodima drugim mehanizmima, kao što su azotofiksacija i rastvaranje fosfata, stimulišu biljni rast. Ukupan broj bakterija, aktinomiceta, kvasaca i gljiva u rangu od 10^5 do 10^9 cfu/ml⁻¹, je preporučen za različite tečne biofertilizatore (Ngampimol i Kunathigan, 2008). Brojnost mikroorganizama u ispitivanim kompostnim proizvodima je u tim granicama (tab. 10). Moguće je dodavanjem različitih izvora hrane za mikroorganizme stimulisati rast određenih mikrobnih populacija. Dodavanje šećera, melase, ekstrakta algi, praha od stena i sl. se smatra isplativim dodacima koji mogu uticati na kvalitativni sastav mikrobnih populacija. Pant i sar. (2009) ukazuju da se dodavanjem ovih aditiva može uticati i na kvalitet kompostnih proizvoda u pogledu sastava mikrobnih populacija i nutritijenata.

Kompostiranjem se velike količine agroindustrijskog otpada prevode u hemijski stabilnu materiju koja je dobar izvor nutritijenata za biljke i značajna za strukturu zemljišta (Castaldi i sar., 2005), ali je potencijalni izvor rizika u lancu kontaminacije hrane sa humanim patogenim organizmima kao što su *E. coli O157:H7*, *Salmonella*, *Listeria monocytogenes* (Rodriguez i sar., 2006). Generalno, rizik od patogenih bakterija iz komposta je mali, ali patogene bakterije mogu preživeti proces kompostiranja u manjem broju a onda u povoljnim uslovima njihov broj se može povećati (Kim i sar., 2009a).

Imajući u vidu primenu komposta u poljoprivredi kao đubriva i amendmenta (Leu, 2006), neopodno je izvršiti analizu prisustva humanih patogenih bakterija. Potencijalni rizik od patogenih bakterija u kompostu uključuje prisustvo *Salmonella spp.*, *Escherichia coli O157:H7*, *Listeria monocytogenes*. Ingram i Millner (2007) ističu da i kompostni čajevi mogu poslužiti kao potencijalni prenosioci *E. coli O157:H7* i *Salmonella* do svežih proizvoda voća i povrća.

U kompostnim proizvodima broj fekalnih koliformnih bakterija iznosio je od 0,47 do 2,07 log CFU/ml a Kim i sar. (2009a) ukazuju na prisustvo *Salmonella* i *E. coli O157:H7* od 0,95 do 2,32 log CFU/ml. Naši rezultati ukazuju da u kompostnim čajevima broj *Salmonella* i *E. coli O157:H7* je manji u odnosu na kompostne ekstrakte.

Aeracija je uticala na povećanje mikrobni populacija (tab. 10) ali i smanjenje brojnosti *E. coli O157:H7* i *Salmonella spp.* (tab. 11) što je u sagladnosti sa rezultatima Shrestha i sar. (2011).

Tokom procesa kompostiranja menja se sadržaj nutritijenata i mikrobni zajednica. Sidhu i sar. (2001) su konstatovali pad brojnosti *Salmonella* sa sazrevanjem komposta, uporedo sa smanjenjem sadržaja organskog ugljenika i azota. Ovo ukazuje da razlike u sadržaju hranljivih materija i prisutne mikrobne populacije zajedno sa stepenom zrelosti komposta se mogu koristiti u suzbijanju patogena u kompostu (Kim i sar., 2009a).

Značajan uticaj na prisustvo patogenih bakterija u kompostnim ekstraktima, pored abiotičkih ekoloških faktora, kao što su temperatura i prisustvo kiseonika, ima i prisustvo autohtonih mikrobni populacija. Tako Kim i sar. (2009b) ukazuju da u odsustvu autohtonih mikroorganizama brojnost *E. coli O157:H7*, *L. monocytogenes* i *Salmonella spp.* u kompostnom ekstraktu razblaženom 1:10 je porasla sa 2,30 na 3,59 log CFUxml⁻¹.

Prema našim rezultatima, u kompostnim proizvodima od duvanskog otpada nije konstatovano prisustvo ispitivanih patogenih bakterija (tab. 11), pa se može pretpostaviti da je prisutna autohtona mikroflora inhibirala rast patogena, što naravno ukazuje na neophodnost daljih istraživanja.

Zahvaljujući prisustvu različitih mikrobni populacija i nutritijenata u proizvodima od komposta, njihovom primenom može se stimulisati rast biljaka i vršiti supresija nekih biljnih bolesti (Scheuerell i Mahaffee, 2002). Međutim, ovi efekti variraju u zavisnosti od kvaliteta kompostni proizvoda (Shrestha i sar., 2011), što je povezano sa različitim izvorima hrane za mikroorganizme, prisustvom vode, nivoa aeracije, kvaliteta komposta, zrelosti komposta i drugih faktora (Shrestha i sar., 2011).

6.1.3. Uticaj proizvoda komposta na rast fitopatogenih gljiva

Kvalitet zemljišta Doran i Parkin (1994) definišu kao "kapacitet zemljišta da funkcioniše u ekosistemskim granicama kako bi se održali biološka produktivnost, kvalitet životne sredine i promovisalo zdravlje biljaka i životinja". U mnogim regionima beleži se progresivno smanjivanje kvaliteta zemljišta a samim tim i plodnost zemljišta opada. Unošenjem komposta u zemljište poboljšava se vodno-vazdušni režim zemljišta,

povećava sadržaj nutritijenata i aktivnost mikrobnih populacija, što doprinosi povećanju i održavanju plodnosti zemljišta. Takođe, primena komposta i drugih organskih đubriva može doprineti biološkoj kontroli u suzbijanju biljnih bolesti a ima ekonomsku i ekološku opravdanost (Hoitink i sar., 2001). Istraživanja su ukazala da supresija biljnih patogena primenom komposta nastaje kao rezultat kombinacije fizičko-hemijskih i bioloških karakteristika komposta (Boulter i sar., 2002).

Imajući u vidu rizosfernu aplikaciju komposta, brojna istraživanja su usmerena na primenu različitih vodenih ekstrakta komposta i kompostnih čajeva koji se mogu primeniti folijarno (Scheuerell i Mahaffee, 2002; Dionne i sar., 2012; Marin i sar., 2013). Brojne studije pokazale su da je primena kompostnih čajeva bezbedna sa aspekta zdravstvene bezbednosti biljaka i očuvanja životne sredine i njihova primena može predstavljati alternativu za primenu sintetičkih hemijskih fungicida (Siddiqui i sar., 2009; Marin i sar., 2013). Pored toga, zbog sadržaja različitih nutritijenata i mikroorganizama, primena kompostnih ekstrakta doprinosi povećanju nivoa C u zemljištu, poboljšanju strukture zemljišta, vodnog kapaciteta ali i supresiji biljnih bolesti (Ha i sar., 2008).

Primarni cilj tokom proizvodnje kompostnih čajeva je povećanje mikrobnih populacija što se postiže dodavanjem nutritijenata za mikroorganizme na početku ili tokom procesa fermentacije (Shrestha i sar., 2011), ali starter mikroorganizmi su osnova za umnožavanje tokom procesa fermentacije (Naidu i sar., 2010).

Istraživanja su pokazala da aerisani i neaerisani kompostni proizvodi mogu inhibirati fitopatogene gljive kao što su *Pythium ultimum*, *Rhizoctonia solani* (Dionne i sar., 2012), *Phytophthora capsici* (Sang i sar., 2010) *Fusarium oxysporum* i *Verticillium dahliae* (Alfano i sar., 2011), *Didymella bryoniae* i *Podosphaera fusca* (Marin i sar., 2013), *Pythium* (Pascual i sar., 2002).

Među faktorima koji utiču na efikasnost kompostnih proizvoda ističe se način pripreme komposta, ali se ključnim faktorom smatra vrsta komposta koja se koristi za pripremanje ekstrakta (Kone i sar., 2010). Najveći stepen inhibicije, kod svih gljiva, koje su ispitivne, dobijen je od kompostnih proizvoda TW komposta (graf. 1, 2 i 3). Indeks inhibicije u prisustvu sterilisanih i nesterilisanih kompostnih proizvoda dobijenih od duvanskog otpada iznosio je od 5,7 do 100% u zavisnosti od vrste gljive. Proizvodi

dobijeni od GW i MSW su imali manji indeks inhibicije i ni kod jedne gljive nije iznosio 100%. Između ove dve vrste proizvoda razlike u indeksu inhibicije su male.

Mikroorganizmi prisutni u kompostnim ekstraktima mogu delovati antagonistički na patogene kroz konkurenciju za prostor i hranu (Al-Mughrabi i sar., 2008), parazitizmom sa patogenom (El-Masry i sar., 2002), produkcijom antimikrobnih komponenti, indukcijom sistemske otpornosti biljaka (Zhang i sar., 1998). Ali, postoje hipoteze koje ističu važnost i fizičko hemijskih karakteristika kompostnih ekstrakata, kao što su nutritijenti i organski molekuli, prisustvo huminskih i fenolnih komponenti ili zajedničkim dejstvom različitih faktora (Siddiqui i sar., 2008).

Aerisani kompostni ekstrakti su imali nešto veći stepen inhibicije u odnosu na neaerisane ekstrakte izuzev ekstrakta dobijenog od TW koji je 100% inhibirao rast *Pythium debaryanum* i *Rhizoctonia solania* (graf. 2 i 3).

Kompostni proizvodi su različito uticali na rast fitopatogenih gljiva (tab. 12, 13 i 14) i indeks inhibicije je najveći kod *Rhizoctonia*, zatim *Phytium debaryanum* dok je najmanji indeks inhibicije kod *Fusarium oxysporum* (graf. 1,2 i 3).

Gljiva *Rhizoctonia solani* se smatra veoma problematičnim patogenom i njena kontrola primenom komposta i kompostnih proizvoda je gotovo nepredvidiva (Bonanomi i sar., 2010). Tako Scheuerell i sar. (2005) pokazuju da samo 17% analiziranih komposta ($n = 36$) je inhibiralo *R. solani*, a 15 fizičkih, hemijskih i bioloških parametara nije bilo u korelaciji sa pojavom bolesti. Neka istraživanja supresiju *Rhizoctonia solania* povezuju sa povećanom aktivnošću mikroorganizama kao i stabilnošću i raznovrsnošću mikrobnih populacija (Diab i sar., 2003), dok Jung i sar. (2003) pokazuju da su ekstracelularni litički enzimi, koje stvaraju mikrobnih antagonisti, odgovorni za supresivni efekat *Rhizoctonia solania*. Supresivni efekat na *R. solania* ispoljili su komposti od otpada iz vinograda i vinarije i goveđeg stajnjaka, a posle sterilizacije su sačuvali supresivnost ili je potpuno izgubili, što ukazuje na potpuno različite mehanizme supresije (Pane i sar., 2011). U našim istraživanjima najveći supresivni efekat su pokazali proizvodi od TW (tab. 13) a između sterilisanih i nesterilisanih proizvode razlika je mala (graf. 3).

Pythium debaryanum je jedan od najčešćih vrsta iz roda *Pythium* i može da izazove ozbiljna oštećenja kod velikog broja biljnih vrsta u umereno toplim klimatskim uslovima. Nepostojanje razlika u stepenu supresije *Pythium* sp. pod uticajem

kompostnih proizvoda dobijenih od biorazgradljivog diferentovanog i nediferentovanog komunalnog otpada nezavisno od sterilizacije, ukazuje na ograničenu ulogu biotičke komponente u supresiji ove gljive. Međutim, komposti dobijeni od otpada iz vinograda i vinarije, kao i kompost od goveđeg stajnjaka, izgubili su supresivni efekat nakon sterilizacije što upućuje na važnost biotičke komponente u supresiji (Pane i sar., 2011). Treba imati u vidu da različite mikrobiološke vrste stvaraju konkurentno okruženje za *Pythium* i u tom kontekstu je značajna korelacija između FDA aktivnosti (mikrobiološka aktivnost ocenjena preko hidrolize fluorescentne-diacetat metode) i supresije *Pythium* (Stone i sar., 2001). U našim istraživanjima između 10% sterilnih i nesterilnih kompostnih proizvoda razlika je mala (graf. 2).

Pascual i sar. (2002) i Scheuerell i Mahaffee (2004) visoku efektivnost MSW komposta u inhibiciji rasta gljive *Pythium* povezuju sa sadržajem huminskih frakcija. Primena huminskih frakcija iz MSW komposta preko sistema za navodnjavanje doprinosi poboljšanju hemijskih i bioloških osobina zemljišta i značajno poboljšava zdravlje zemljišta u biološkoj kontroli patogena kao što je *Pythium* (Pascual i sar., 1999).

Važnost mikroflore i enzima (proteaze, hitinaze, lipaze i b-1,3 glukanaze) u ekstraktima u suzbijanju rasta fitopatogenih gljiva istakli su i El Masry i sar. (2002). Takođe, biološki mehanizmi, koji podrazumevaju prisustvo mikrobnih populacija u kompostnim ekstraktima, kao što su *Trichoderma*, *Pseudomonas* i *Bacillus*, mogu biti od značaja u biološkoj kontroli gljive *Pythium* (Pascual i sar., 2002). Sve ovo ukazuje da su supresivni efekti kompostnih proizvoda zasnovani na različitim mehanizmima, biološkim i abiotičkim i da su neophodna dalja istraživanja.

Gljiva *Fusarium oxysporum* je veoma rasprostranjen fitopatogen a u zemljištu i biljnom otpadu može preživeti nekoliko godina. Njegovom rasprostranjenju značajno doprinose blagi klimatski uslovi a globalne klimatske promene predstavljaju dodatni problem (Tamietti i Valentino, 2006). Takođe, hemijske metode koje se koriste su ili neefikasne ili imaju ekološke posledice, tako da su štetne po ljudsko zdravlje. To je razlog zbog čega se intenziviraju istraživanja za pronalaženje alternativa za hemijske metode (Suarez-Estrella i sar., 2007; Suarez-Estrella i sar., 2012). Testirajući 40 mikrobnih populacija izolovanih iz eko-komposta utvrđen je antagonistički kapacitet *B. subtilis* (PII-T28-B2, PII-T73-B3, PI-T100-B1 i PIII-T100-B3), *B. licheniformis* (PII-

T150-A2) i *P. chrysogenum* (PI-T100-H1), tako da se ovi mikroorganizmi mogu koristiti kao biokontrolni agensi i predstavljaju dobru alternativu opasnim pesticidima (Suarez-Estrella i sar., 2013). Naši rezultati pokazuju da je stepen inhibicije *Fusarium oxysporum* varirao u zavisnosti od vrste polaznog komposta, aeracije i sterilizacije i iznosi 5,0 do 26,2% (graf. 1). Treba naglasiti da se rezultati odnose samo na 10%-tni rastvor kompostnih proizvoda. Takođe, rezultati o dinamici rasta *Fusarium oxysporum* ukazuju da je rast usporen do 5-og dana (tab. 12) a da se nakon toga gubi supresivni efekat, što ukazuje da se pri aplikaciji mora voditi računa o vremenu primene kao i dozama. Naši rezultati ukazuju da su neki od ispitivanih kompostnih ekstrakta stimulisali rast ovog patogena (graf. 1).

Rezultati naših istraživanja dokazuju, kao i brojna druga, da kompostni ekstrakti mogu doprineti suzbijanju rasta fitopatogenih gljiva, poboljšanju kvaliteta zemljišta i istovremeno doprineti povećanju reciklaže biorazgradljivog komunalnog i agroindustrijskog otpada (Alfano i sar., 2011; Sang i sar., 2010; Souleymane i sar., 2010; Siddiqui i sar., 2009).

Održiva poljoprivreda teži optimalnom prinosu i kvalitetu useva uz istovremeno smanjenje primene pesticida i u tom kontekstu primena komposta i kompostnih ekstrakta može predstavljati značajnu oblast poljoprivredne biotehnologije. Ali, potrebno je više istraživanja koja bi doprinela razjašnjenju prave prirode i razloga suzbijanja i kontrole biljnih patogena.

6.2. Klijavost biljnih vrsta na kompostu i kompostnim proizvodima

Rezultati klijavosti različitih biljnih vrsta na kompostima i ostacima komposta nakon pripremanja kompostnih ekstrakata ukazuju na znatne razlike između biljnih vrsta. Razlike u klijavosti uslovljene su hemijskim i mikrobiološkim osobinama komposta i proizvoda komposta.

6.2.1. Klijavost biljnih vrsta na kompostu i ostatku od komposta

Poredeći rezultate istraživanja klijavosti različitih vrsta semena na različitim podlogama komposta i ostatka komposta zapaža je da klijavost varirala. Klijavost na MSW kompostu znatno je niža u odnosu na kontrolnu varijantu (treset).

Limitirajući faktori za primenu i određivanje doze komposta su sadržaj soli, povišena koncentracija teških metala, prisustvo patogenih mikroorganizama, pre svega *Salmonella* i prisustvo nedegradibilnih materijala. Kvalitetan kompost pozitivno utiče na strukturu i plodnost zemljišta (Giusquiani i sar., 1995). Peverly i sar. (1994) su utvrdili da se primenom komposta postiže povećanje sadržaja soli i električne provodljivosti zemljišnog rastvora što utiče na klijanje semena i rast biljaka. Visoke vrednosti ispitivanih parametara kod pojedinih vrsta komposta ukazuju da je sadržaj soli i ostalih hraniva uticao na nižu klijavost. Osim toga, postoji kompeticija između jona soli i hemijski sličnih jona, što može da dovede do nedostatka hranljivih materija u biljkama (Yeo, 1998). Tzortzakis i sar. (2012) su utvrdili da nije došlo do nicanja biljaka kada je primenjen 100% MSW kompost. Autori su utvrdili da primena manjeg sadržaja MSW komposta (15% i 30%) poboljšava nicanje semena i rast nevena i bosiljka, dok je veći sadržaj doprineo suprotnim efektima. To ukazuje da kompost treba mešati sa zemljište ili drugim supstratima. U našim istraživanjima (tab. 15) seme povrtarskih i krmnih biljnih vrsta imalo je veći procenat klijavosti, dok je turski karanfil imao nižu klijavost u odnosu na istraživanja koja su obavili Tzortzakis i sar. (2012). Do i Scherer (2012) predlažu mešanje komposta sa perlitima ili drugim aditivima. Razlozi su visok sadržaj soli i dostupan sadržaj hranljivih materija u supstratima za koje se pretpostavlja da su ograničavajući faktori za rast biljaka u prvoj fazi (Rivard i sar., 1995), ali je smanjen sadržaj lako rastvorljivih soli kasnije u sezonama porasta (Papafotiou i sar., 2004). Prema tome, može se pretpostaviti da prisustvo rastvorljivih

toksičnih metabolita nastalih tokom procesa stabilizacije komposta (Zucconi i sar., 1981) ili drugih organskih zagađivača može da objasni primećene uticaje na klijavost semena. Na osnovu naših istraživanja, može se preporučiti upotreba MSW i GW produkata, ali uz preporuku mešanja sa zemljištem ili uz dodatak određenih poboljšivača. Reddy i Crohn (2012) su takođe utvrdili da salinitet komposta smanjuje rast biljaka slično drugim izvorima saliniteta tla. Međutim, u svim slučajevima, rast biljaka zelene salate, paradajza i borovnice značajno je povećan u odnosu na kontrolu, što sugeriše da koristi od upotrebe komposta nadmašuju mogući negativan uticaj soli komposta na rast i prinos biljaka. U našim ispitivanjima, salata i paradajz su imali nižu klijavost na kompostima u odnosu na kontrolu. Standardnom primenom komposta na poljoprivrednim zemljištima bez kontrole električne provodljivosti, salinitet komposta verovatno će negativno uticati na rast biljaka. Za razliku od prethodnih navoda (Leita i De Nobili, 1991; Ciavatta i sar., 1997), autori ukazuju da salinitet nije odgovoran za smanjenje klijavosti i povećanje prosečnog vremena klijanja.

6.2.2. Klijavost biljnih vrsta na kompostnom ekstraktu i kompostnom čaju

Rezultati istraživanja ukazuju da većina biljnih vrsta ima veći procenat klijavosti na varijantama MSW proizvoda komposta u odnosu na GW proizvode komposta, a koje nisu bile statistički značajno različite u odnosu na kontrolnu varijantu. Proizvodi komposta pripremljeni od duvanskog otpada nisu imali pozitivan efekat na klijavost većine ispitivanih biljnih vrsta.

Na klijavost semena mogu uticati neorganska i organska hemijska jedinjenja prisutna u zemljištu; zapravo, salinitet često inhibira klijavost semena biljaka, dejstvom na usvajanje vode koje je od ključnog značaja za klijavost (Bewley i Black, 1994). Utvrđeno je da su različite biljne vrste različito reagovala, s tim da je u najvećoj meri klijavost bila manja u odnosu na kontrolu. Prosečno posmatrano nešto viša klijavost je na ekstraktima u odnosu na kompostne čajeve. Marchiol i sar. (1999), ispitujući uticaj ekstrakata na klijavost trava leguminoza i divljih biljnih vrsta utvrdio je slične rezultate. Ayuso i sar. (1996) su utvrdili da tečni ekstrakti svežeg komposta dobijenog od komunalnog otpada i kanalizacionog mulja mogu da utiču na klijavost *Lepidium sativum*. Navedeni rezultati su u saglasnosti sa našim rezultatima istraživanja. Međutim, ispitujući uticaj aerisanih kompostnih čajeva, dobijenih od vermikomposta, na stepen

klijavosti, visinu biljaka i površinu lista paradajza i krastavca, uočen je veći efekat u poređenju sa neaerisanim kompostnim čajem (Arancon i sar., 2007). Gamaley i sar. (2001) su pokazali da ekstrakt vermikomposta značajno utiče na povećanje prinosa i kvaliteta biljaka. Međutim, folijarnom primenom kompostnog ekstrakta od vermikomposta, Zaller (2007) nije uočio efekat na rast i prinos tri sorte paradajza. Ove razlike se mogu pripisati razlikama u polaznom materijalu kao i metodama proizvodnje kompostnih ekstrakta (Xu i sar., 2012).

Na osnovu interakcijskog efekta utvrđeno je da je biopotencijal kompostnog ekstrakta MSW i GW značajniji od biopotencijala kompostnih čajeva MSW i GW. Navedeni rezultati potvrđuju potrebu kontrolisane primene ekstrakata i čajeva ili ih primeniti kao dodatak u ishrani na čvrstim podlogama. Kako ekstrakt i čaj TW kod najvećeg broja biljnih vrsta nisu uticali na klijavost, izvršeno je razblaživanje sa vodom u razmeri 1:5 i 1:10.

Direktna primena duvanskog otpada može stvoriti nepovoljnu ekološku ravnotežu u zemljištu, međutim, kompostiranjem duvanskog otpada ubrzava se razgradnja nikotina i kompost sadrži manje toksičnih i više korisnih organskih materija (Adediran i sar., 2004). Slični rezultati se očekuju i za produkte komposta. Klijavost biljnih vrsta na razblaženom kompostnom ekstraktu i kompostnom čaju TW bila je na nivou klijavosti ispitivanih biljnih vrsta na MSW i GW kompostnom ekstraktu. Razblaženi kompostni čaj TW imao je uticaj na visok procenat klijavosti biljnih vrsta. Procenat klijavosti biljnih vrsta na 5x i 10x razblaženom kompostnom čaju (tab. 17) bio je veći u odnosu na klijavost na nerazblaženom kompostnom čaju MSW i GW (tab. 16). Na osnovu rezultata istraživanja razblaženi proizvodi komposta TW imaju biopotencijal za primenu, za razliku od nerazblaženih proizvoda.

Rezultati klijavosti nerazblaženih proizvoda komposta TW u saglasnosti su sa rezultatima koje su dobili Adediran i sar. (2003); oni ukazuju da duvanski otpad depresivno deluje na mikroorganizme u zemljištu i navode da bi nikotin prisutan u otpadu mogao da izazove ovaj efekat. Nikotin je insekticid i smatra se da ima toksične efekte na biljke i životinje (Baldwin i Callahan, 1993). Međutim, utvrđeno je da se kompostiranjem smanjuje nivo nikotina tako da se ne očekuje da nikotin bude uzrok smanjene klijavosti ispitivanih biljnih vrsta. Kompost duvana sadrži znatno više hranljivih materija u odnosu na druge komposte, a samim tim i kompostni ekstrakti i

kompostni čajevi duvanskog otpada imaju znatno više vrednosti ispitivanih parametara u odnosu na ostale. Ne postoje objavljena istraživanja koja se odnose na kompostne ekstrakte i kompostne čajeve duvanskog otpada, ali na osnovu objavljenih radova koji se odnose na duvanski otpad, može se zaključiti da se duvanski otpad preporučuje kao dodatak ishrani bilja. Chaturvedi i sar. (2008) su u svojim istraživanjima utvrdili da primena duvanskog otpada obezbeđuje zemljište ugljenikom i hranljivim resursima, a što je verovatno i uzrok povećanja nivoa nutrijenata poput likopena. Istraživanjima je utvrđeno da je najveći prinos paradajza postignut upotrebom 3% suvog duvanskog otpada (a što je bila i najviša doza u tretmanima). Na osnovu naših istraživanja preporučuje se razblaživanje produkata komposta.

6.2.3. Sveža i suva masa biljaka na kompostu i ostatku od komposta i germinacioni indeks

Posmatrajući količinu sveže i suve biljne mase pojedinih biljnih vrsta nakon 7 dana od zasejavanja na kompostu i ostatku od komposta može se zapaziti da su rezultati istraživanja klijavosti u korelaciji sa količinom sveže biljne mase. Kako se zasejavane biljne vrste razlikuju po svojim fiziološkim i morfološkim karakteristikama, ne može se vršiti poređenje mase ispitivanih biljnih vrsta, ali su primetne znatne razlike u masi biljaka u zavisnosti od podloge. Količina sveže biljne mase pojedinačnih biljnih vrsta bila je veća na podlogama ostatka komposta u odnosu na varijante komposta.

Ostatak komposta GW imao je značajniji uticaj na formiranje sveže biljne mase u odnosu na kontrolu i ostatak komposta MSW. Hernandez i sar. (1999) su utvrdili da se težina suve mase leguminoza i trava značajno smanjuje ukoliko se biljke tretiraju procednim vodama koje su kontaminirane. Raphael i sar. (2003) su ustanovili zastoje u klijavosti leguminoza i trava na ličatima MSW iz zemljišno kompostnih smeša, a do sličnih zaključaka su došli i Marchiol i sar. (1999).

Količina suve mase u korelaciji je sa količinom sveže biljne mase ispitivanih biljnih vrsta (tab. 19).

Utvrđivanje germinacionog indeksa (GI) vršeno je praćenjem klijavosti i dužine korena dve biljne vrste: salate i ječma. Seme salate je izabrano zbog visoke osetljivosti na povećanu koncentraciju soli (Dolgen i sar., 2004). Seme ječma se koristi, od strane mnogih autora, kao test za prisustvo toksičnih materija koje uključuju različite organske

materije, jednostavno je za rukovanje i ima brz porast (Fuentes i sar., 2004, Carballo i sar., 2009).

Prema kriterijumima koje su predložili Zucconi i sar. (1981), kompostni ekstrakti koji su korišćeni u ovom radu pokazuju prilično visoku toksičnost (Tab. 20). S druge strane, kompostni čaj dobijen od MSW komposta, kada se primeni direktno, bez razblaživanja (100% koncentracije) GI vrednosti bile su blizu 50. Čaj proizveden u sistemu aeracije, korišćen u ogledu, manje je toksičan u odnosu na neaerisane produkte komposta. Naši rezultati su u korelaciji sa rezultatima drugih autora koji su pokazali da neaerisani sistemi mogu da izazovu negativne efekte na biljkama (Ingham, 2002; Carballo i sar., 2009).

Vrednosti za GIglobal bili su veći na razblaženim tretmanima u odnosu na nerazblažene tretmane ekstrakata i čajeva (100%). Ovi rezultati ukazuju na to da je neophodno koristiti visoki razblažene kompostne čajeve kako bi se izbegli štetni efekti na biljkama. Međutim, neophodno je uzeti u obzir da su ovi kriterijumi predloženi za ocenu podobnosti komposta kao medija za rast biljaka. Dakle, svako poređenje između vrednosti GIglobal kompostnih proizvoda (ekstrakata i čajeva) mora se prihvatiti sa rezervom jer kompostni čaj je tečnost koja se primenjuje na tlu i na taj način fitotoksični efekti mogu biti smanjeni (Zucconi i sar., 1981). Tako utvrđeni kriterijumi koje su predložili Zucconi i sar. (1981) su previše zahtevni za komposti čaj. Test rasta u kome se kompostni čaj nanosi na podlogu verovatno je pouzdaniji test (Carballo i sar., 2009).

Kompostni ekstrakt dobijen iz MSW komposta pokazao je najviše vrednosti EC što se može objasniti delimično toksičnim materijama MSW procednih voda. Ovaj efekat nije značajan kada su EC vrednosti manje od 2 mS/cm kompostnog ekstrakata, ali i prinosi veoma osetljivih useva mogu se ograničiti ako je salinitet EC u rasponu od 2 do 4 mS/cm (Wong i sar., 2001). U našim eksperimentima EC vrednosti u MSW i GW kompostnog ekstrakta iznosila je 2,61 i 4,11 mS/cm.

Utvrđeno je sledeće: ako $GI < 25$, supstrat karakteriše visoka fitotoksičnost, ako je $26 < GI < 65$ supstrat je fitotoksičan, ako je $66 < GI < 100$ supstrat po karakteristikama nije fitotoksičan, stabilan je i može se koristiti u poljoprivredi. Ako je $GI > 101$ supstrat je okarakterisan kao fitonutrient ili fitostimulant i može da se koristi u poljoprivredne svrhe, kao đubrivo. Rezultati u našim eksperimenti su pokazali da su razređen GW kompostni čaj u odnosu 75% +25% i MSW čajevi u 25 % +75% imali efekat fitostimulanta.

7. ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata istraživanja biopotencijala različitih vrsta komposta i produkata komposta, može se zaključiti:

- Između komposta i ostataka od komposta postoje razlike u pogledu hemijskih karakteristika, odnosno ispiranjem je došlo do smanjenja sadržaja organske materije, organskog ugljenika, sadržaja CaCO_3 , sadržaja soli, kao i smanjenja sadržaja NO_3^- u ostacima od komposta, ali je konstatovano povećanje vrednost pH ostatka u odnosu na kompost. U pogledu sadržaja većine pristupačnih oblika mikroelemenata u kompostu i ostatku od komposta nema značajnih razlika. U pogledu mikrobioloških karakteristika konstatovano je da su dominantne populacije bakterije u kompostu i u ostacima od komposta i između njih nema razlike u brojnosti. Takođe, nema razlike u brojnosti ni između vrste komposta. Međutim, razlike su uočene između brojnosti koliformnih i fekalnih koliformnih bakterija i brojnost je smanjena u kompostnim proizvodima. U pogledu osnovnih hemijskih karakteristika razlike postoje između vrste komposta. Tako je sadržaj soli, većine biogenih elemenata kao i ukupnih mikroelemenata veći u MSW varijantama komposta, dok je sadržaj $\text{NH}_4^+\text{-N}$ znatno veći na GW varijantama komposta. Nema razlike u brojnosti bakterijskih populacija između vrste komposta, ali je konstatovana veća brojnost koliformnih bakterija u MSW kompostu.

- U pogledu hemijskih karakteristika postoje razlike između kompostnih proizvoda u zavisnosti od vrste polaznog komposta kao i načina pripreme kompostnih proizvoda. Najveći sadržaj izmerenih hemijskih parametara konstatovan je u kompostnim proizvodima koji su dobijeni od TW komposta. Kompostni čajevi, u odnosu na kompostne ekstrakte su imali više vrednosti pH, suve materije, pepela, ukupnog azota, ukupnog organskog ugljenika. Takođe, u kompostnim čajevima je konstatovan veći sadržaj biogenih elemenata i lakopristupačnih mikroelemenata. Između brojnosti bakterijskih populacija nema razlike između vrsta kompostnih proizvoda, ali ima razlike u brojnosti bakterijskih populacija u zavisnosti od vrste komposta. Tako su bakterijske populacije najbrojnije u proizvodima dobijenim od

MSW a najmanja brojnost je u proizvodima od GW. Razlike su uočene u brojnosti koliformnih i fekalnih koliformnih bakterija u zavisnosti od vrste kompostnog proizvoda kao i vrste komposta od kojih su dobijeni proizvodi. Koliformne bakterije su brojnije u kompostnim ekstraktima u poređenju sa kompostnim čajem. Najveća brojnost koliformnih bakterija je u proizvodima dobijenim od MSW komposta, a najmanja brojnost je u proizvodima dobijenim od TW komposta. *E.coli* O157:H7 i *Salmonella* spp. su brojnije u kompostnim proizvodima dobijenim od MSW komposta.

- Ispitivani kompostni proizvodi su različito uticali na rast i procenat inhibicije fitopatogenih gljiva. Rast fitopatogenih gljiva je zavisio od vrste komposta. Tako su najveći uticaj na rast gljiva *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia* sp. i *Pythium debaryanum* imali kompostni proizvodi dobijeni od duvanskog otpada. Između kompostnih ekstrakata i čajeva nema razlika u inhibiciji rasta gljive, izuzev kod *Fusarium oxysporum* gde je uočena stimulacija rasta gljive u prisustvu jednog kompostnog ekstrakta. Indeks inhibicije 10% sterilnih i nesterilnih kompostnih proizvoda je zavisio od vrste fitopatogene gljive i vrste kompostnih proizvoda. Kompostni proizvodi su u inhibirali u najvećem stepenu rast *Rhizoctonia* sp. gde je procenat inhibicije bio između 70 i 100%, zatim *Pythium deboryanum*, sa stepenom inhibicije od 21 do 100% i u najmanjem stepenu je inhibiran *Fusarium oxysporum* gde se stepen inhibicije kretao od 5,7% do 26,2%. Stepen inhibicije fitopatogenih gljiva je zavisio od vrste kompostnih proizvoda. Tako su kompostni proizvodi dobijeni od komposta TW imali najveći stepen inhibicije. Nisu uočene veće razlike u stepenu inhibicije između kompostnih čajeva i ekstrakata a takođe nije uočen veći uticaj sterilizacije na stepen inhibicije.

- Rezultati istraživanja pokazuju da kompost i ostatak od komposta, nisu imali statistički značajan uticaj na klijavost većine ispitivanih biljnih vrsta i da je klijavost bila niža u odnosu na kontrolu. Na MSW kompostu najnižu klijavost je imao turski karanfil, dok je klijavost kupusa iznosila 86,7%. Na GW kompostu takođe je turski karanfil imao najnižu klijavost a paradajz najvišu (70%). Posmatrajući klijavost na kompostu i ostatku komposta MSW/GW zapaža se da je statistički značajna razlika izmerena kod kupusa, a ostale biljne vrste imale su klijavost bez statističke razlike. Prosečno, procenat klijavosti je veći na ostatku od komposta u odnosu na kompost ali

razlike nisu statistički značajne. Klijavost je u korelaciji sa svežom biljnom masom. Poređenjem sveže biljne mase na kompostu GW i kompostu MSW, utvrđeno je da samo sveža biljna masa crvenog vijuka je imala nižu vrednost na GW kompostu u odnosu na MSW kompost, dok su ostale biljne vrste imale veću masu na GW kompostu. Sveža biljna masa je uglavnom veća na ostacima komposta u odnosu na kompost. Istraživanja su pokazala da je klijavost varirala u odnosu na biljnu vrstu, ali bez statistički značajnih razlika između kompostnog ekstrakta i kompostnog čaja. Kod većine biljnih vrsta procenat klijavosti je veći na proizvodima od MSW komposta u odnosu na GW kompost. Kod lucerke i salate postoji statistički značajne razlike u klijavosti na MSW i GW proizvodima komposta. Kompostni čaj TW imao je uticaj samo na klijavost boranije i paradajza, dok je razblaženi kompostni čaj TW imao uticaj na klijavosti biljnih vrsta, tako da je klijavost biljnih vrsta na razblaženom kompostnom ekstraktu i kompostnom čaju TW na nivou klijavosti ispitivanih biljnih vrsta na MSW i GW kompostnom ekstraktu. Procenat klijavosti biljnih vrsta na 5x i 10x razblaženom kompostnom čaju bio je veći u odnosu na klijavost na nerazblaženom kompostnom čaju MSW i GW. Klijavost biljnih vrsta na razblaženju 5x i 10x varirala je u zavisnosti od biljne vrste. Indeks klijanja biljaka (GI), ječma i salate na kompostnim ekstraktima pokazuju visoku toksičnost kompostnih ekstrakata. Najniže vrednosti germinacionog indeksa bile su na varijantama MSW kompostnog ekstrakta bez razblaženja a sa razblaženjem došlo je do povećanja GI, pre svega kod ječma. Najviše prosečne vrednosti GI bile su na kompostnom čaju GW (138,6%) i kompostnom ekstraktu MSW (72,8%) kod salate. Na nerazblaženim varijantama kompostnog ekstrakta i kompostnog čaja TW i razblaženjima na kojima je jednak odnos vode i proizvoda komposta ili koncentrovaniji rastvor ispitivane biljne vrste nisu klijale.

- Treba imati u vidu da bezbedna primena ovih proizvoda u poljoprivrednoj proizvodnji, a imajući u vidu polaznu sirovinu, podrazumeva hemijsku i mikrobiološku karakterizaciju proizvoda. Ispitivani kompostni proizvodi, zbog hranljive vrednosti, raznovrsnosti mikrobnih populacija, bezbednosti u pogledu potencijalno patogenih bakterija, antagonističkog efekta prema nekim fitopatogenim gljivama, imaju značajan potencijal za primenu u savremenoj poljoprivrednoj proizvodnji a istovremeno doprinose upravljanju sa otpadom i održavanju kvaliteta životne sredine.

LITERATURA

- Abad, M., Noguera, P. (1997): Los sustratos en los cultivos sin suelo. Manual de cultivo sin suelo. Universidad de Almería, España.
- Abdul Khalil, H.P.S., Noorshashillawati Azura, M., Issam, A.M., Said, M.R., Mohd Adawi, T.O. (2008): Oil palm empty fruit bunches (OPEFB) reinforced in new unsaturated polyester composites. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, 27, 1817–1826.
- Adediran, J.A., De Baets, N., Mnkeni, P.N.S., Kiekens, L., Muyima N.Y.O., Thys, A. (2003): Organic waste materials for soil fertility improvement in the Border region of the Eastern Cape, South Africa. *Biological Agriculture and Horticulture*, 20, 283–300.
- Adediran, J.A., Mnkeni, P.N.S., Mafu, N.C., Muyima, N.Y.O. (2004): Changes in chemical properties and temperature during the composting of tobacco waste with other organic materials, and effects of resulting composts on lettuce (*Lactuca sativa* L.) and spinach (*Spinacea oleracea* L.). *Biological Agriculture and Horticulture*, 22, 101–119.
- Alfano, G., Lustrato, G., Lima, G., Vitullo, D., Ranalli, G. (2011): Characterization of composted olive mill wastes to predict potential plant disease suppressiveness. *Biological Control*, 58, 199–207.
- Al-Mughrabi, K.I., Berthéléme, C., Livingston, T., Burgoyne, A., Poirier, R., Vikram, A. (2008): Aerobic compost tea, compost and a combination of both reduce the severity of common scab (*Streptomyces scabiei*) on potato tubers. *Journal of Plant Sciences*, 3, 168–175.
- Amlinger, F., Gotz, B., Dreher, P., Geszti, J., Weissteiner, C. (2003): Nitrogen in biowaste and yard waste compost: dynamics of mobilization and availability—a review. *European Journal of Soil Biology*, 39, 107–116.
- Amlinger, F., Peyr, S., Geszit, J., Dreher, P., Weinfurter, K., Nortcliff, S. (2007): Beneficial effects of compost application on fertility and productivity of soil: a

- literature study. Federal Ministry for Agricultural and Forestry, Environment and Water Management, Vienna, 235.
- Antelo, J., Avena, M., Fiol, S., Lopez, R., Arce, F. (2005): Effects of pH and ionic strength on the adsorption of phosphate and arsenate at the goethite–water interface. *Journal of Colloid and Interface Science*, 285, 476–486.
- Antelo, J., Arce, F., Avena, M., Fiol, S., López, R., Macías, F. (2007): Adsorption of a soil humic acid at the surface of goethite and its competitive interaction with phosphate. *Geoderma*, 138, 12–19.
- Antonio, G.F., Carlos, C.R., Reiner, R.R., Miguel, A.A., Angela, O.L.M., Cruz, M.J.G., Dendooven, L.(2008): Formulation of a liquid fertiliser for sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) using vermicompost leachate, *Bioresource Technology*, 99, 6174–6180.
- Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Dick, R., Dick, L. (2007): Vermicompost tea production and plant growth impacts. *BioCycle*, 48, 51–52.
- Ayuso, M, Hernández, T., Garcia, C., Pascual, J.A. (1996): Stimulation of barley growth and nutrient absorption by humic substances originating from various organic materials. *Bioresource Technology*, 57, 251–257.
- Baldwin, I. T., Callahan. P. (1993): Autotoxicity and chemical defense: Nicotine accumulation and carbon gain in solanaceous plants. *Oecologia*, 94, 534–541.
- Barrena, R., Turet, J., Busquets, A., Farrés, M., Font, X., Sánchez, A. (2011): Respirometric screening of several types of manure and mixtures intended for composting. *Bioresource Technology*, 102, 1367–1377.
- Bartlett, J. (2006): Storm water treatment options at composting facilities. *BioCycle*, 47, 2, 23–29.
- Bewley, J.D., Black, M. (1994): *Seeds: Physiology of development and germination*, Book (ISBN 0306447479), New York.
- Bhattacharyya, P., Chakrabarti, K., Chakraborty, A. (2003): Effect of MSW compost on microbiological and biochemical soil quality indicators. *Compost Science and Utilization*, 11 (3), 220–227.

- BMU (1996). Konzept der Bioabfallerfassung und Stand der Kompostverordnung in der Bundesrepublik Deutschland (Concept of biogenic waste collection and status of the compost ordinance in the Federal Republic of Germany). Bonn, Germany: BMU.
- BMU (2013): Waste Management in Germany. Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation and Nuclear Safety.
- Bonanomi, G., Antignani, V., Capodilupo, M., Scala F. (2010): Identifying the characteristics of organic soil amendments that suppress soilborne plant diseases. *Soil Biology and Biochemistry*, 42, 136–144.
- Borggaard, O.K., Raben-Lange, B., Gimsing, A.L., Strobel, B.W. (2005). Influence of humic substances on phosphate adsorption by aluminium and iron oxides. *Geoderma*, 127(3-4), 270–279.
- Boulter, J.I., Trevors, J.T., Boland, G.J. (2002): Microbial studies of compost: bacterial identification and their potential for turf grass pathogen suppression. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 18, 661–671.
- Brady, N.C. (1989): *Natureza e Propriedades dos Solos*, Freitas Bastos, Rio de Janeiro, 647.
- Brady, N., Weil, R. (1996): *The Nature and Properties of Soils*, 12th ed. Prentice, New Jersey, USA, 385, 495.
- Brinton, W.F. (1995): The Control of Plant Pathogenic Fungi by Use of Compost Teas. *Biodynamics*, 12–15.
- Brinton, W.F., Trankner, A., Roffner, M. (1996): Investigations into liquid compost extracts. *BioCycle*, 37(11), 68–70.
- CCME (2005). PIN 1340: Guidelines for Compost Quality, Support Document for Compost Quality Criteria. CCME. 2005. Guidelines for Compost Quality. PN 1340. Canadian Council of Ministers of the Environment. Winnipeg, MB, Canada.

- Carballo, T., Gil, M.V., Calvo, L.F., Moran, A. (2009): The influence of aeration system, temperature and compost origin on the phytotoxicity of compost tea. *Compost Science and Utilization*, 17 (2), 127–135.
- Castaldi, P., Alberti, G., Merella, R., Melis, P. (2005): Study of the organic matter evolution during municipal solid waste composting aimed at identifying suitable parameters for the evaluation of compost maturity. *Waste Management*, 25, 209–213.
- Cebar Info Sheet, 2006. Management Of Agricultural Waste.
- CFIA (1997). Standards for metals in fertilizers and supplements. Trade memorandum T-4-93 [online]. Canadian Food Inspection Agency, Plant Health and Biosecurity Directorate, Crop Inputs Division, Fertilizer Section, Ottawa, ON, Canada, [online] Available from: <http://www.inspection.gc.ca/english/plaveg/fereng/tmemo/t-4-93e.shtml> [cited2010].
- Chaturvedi, S., Upreti, D.K., Tandon, D.K., Sharma, A., Dixit, A. (2008): Bio-waste from tobacco industry as tailored organic fertilizer for improving yields and nutritional values of tomato crop. *Journal of Environmental Biology*, 29, 759–763.
- Chauhan, G.S., Kaur, I., Misra, B.N., Singha, A.S., Kaith, B.S. (2000): Evaluation of optimum grafting parameters and the effect of ceric ion initiated grafting of methyl methacrylate onto Jute fiber on the kinetics of thermal degradation and swelling behaviour. *Polymer Degradation and Stability*, 69, 261–265.
- Ciavatta, C., Govi, M., Sitti, L., Gessa, C. (1997): Influence of blood meal organic fertilizer on soil organic matter: A laboratory study. *Journal of Plant Nutrition*, 20 (11), 1573–1591.
- Cole, M.A. (1994): Assessing the impact of composting yard trimmings. *BioCycle*, 35(4),92–96.
- Commercial Food Waste Composting (2002). Study Final Project Report . Oregon Department Environmental Quality. Prepared by Tetra Tech, Inc. Seattle, WA.
- Council Directive 1999/31/EC

- Cronin, M.J., Yohalem, D.S., Harris, R.F., Andrews, J.H. (1996): Putative mechanism and dynamics of inhibition of apple scab pathogen *Venturia inaequalis* by compost extracts. *Soil Biology and Biochemistry*, 28 (9), 1241–1249.
- Daayf, F., Adam, L., Fernando, W.G.D. (2003): Comparative screening of bacteria for biological control of potato late blight (strain US-8) using in vitro, detached leaves and whole plant systems. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 25, 276–284.
- Dani, J.A., Ji, D., Zhou, F.M. (2001): Synaptic plasticity and nicotine addiction. *Neuron*, 31, 349–352.
- De Ceuster, T.J., Hoitink, H.A.J. (1999): Prospects for composts and biocontrol agents as substitutes for methyl bromide in biological control of plant diseases. *Compost Science*, 7, 6–10.
- De Haan, S. (1981): Results of municipal wastes compost research over more than fifty years at the Institute for Soil Fertility at Haren Groningen, the Netherlands. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 29, 49–61.
- Diab, H.G., Hu, S., Benson, D.M. (2003): Suppression of *Rhizoctonia solani* on impatiens by enhanced microbial activity in composted swine waste-amended potting mixes. *Phytopathology*, 93, 1115–1123.
- Dionne, A., Russell, J., Tweddell, H.A., Tyler, J. A. (2012): Effect of non-aerated compost teas on damping-off pathogens of tomato. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 34 (1), 51–57.
- Do, T.C.V., Scherer, H.W. (2012): Compost and biogas residues as basic materials for potting substrates. *Plant, Soil and Environment*, 58 (10), 459–464.
- Dolgen, D., Alpaslan, M.N., Delen, N. (2004): Use of an agro-industry treatment plant sludge on iceberg lettuce growth. *Ecological Engineering*, 23, 117–125.
- Doran, J.W., Parkin, T.B. (1994): Defining and assessing soil quality. In *Defining Soil Quality for a Sustainable Environment*. SSA Special Publication 35 ed. Doran, J.W., Coleman, D.C., Bezdicek, D.F., Stewart, B.A. 3–23. Madison, WI: Soil Science Society of America.

- Durak, A., Brohi, A.R., Tutun, A.R. (1986): Tozunun organik gübre olarak deerlendirilmesi. Türkiye Tutunculuu ve Gelecei Sempozyumu. Tokat, 261–269.
- El-Masry, M.H., Khalil, A.I., Hassouna, M.S., Ibrahim, H.A.H. (2002): In situ and in vitro suppressive effect of agricultural composts and their water extracts on some phytopathogenic fungi. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 18, 551–558.
- EPA (1996): Emergency planning and community right-to know section 313: list of toxic chemicals. Washington, DC: EPA, September 1996. (EPA 745-B-96-001.)
- Epstein, E., Chaney, R.L., Henry, G., Logan, T.J. (1992): Trace-elements in municipal solid-waste compost. *Biomass and Bioenergy*, 3(3-4), 227–238.
- Epstein, E. (1997): Pathogens. In: *The Science of Composting*. Technomic Publishing Co., Inc., Lancaster, PA, 213–245.
- Farrell, M., Jones, D.L. (2009): Critical evaluation of municipal solid waste composting and potential compost markets. *Bioresource Technology*, 100, 4301–4310.
- Felicita, B., Nina, H., Marija V., Zoran G. (2003): Aerobic composting of tobacco industry solid waste-simulation of the process. *Clean Technology Environmental Policy*, 5, 295–301.
- Fuentes, A., Llorens, M., Saez, J., Aguilar, M.I., Ortuno, J.F., Meseguer, V.F. (2004): Phytotoxicity and heavy metals speciation of stabilized sewage sludges. *Journal of Hazardous Materials*, 108, 161–169.
- Furlani, A.M.C., Furlani, P.R., Bataglia, O.C., Hiroce, R., Gallo, J.R. (1978): Composição mineral de diversas hortaliças. *Bragantia*. Campinas, 37(5), 33–44.
- Gamaley, A.V., Nadporozhskaya, M.A., Popov, A.I., Chertov, O.G., Kovsh, N.V., Gromova, O.A. (2001): Non-root nutrition with vermicompost extracts as the way of ecological optimization, plant nutrition: food security and sustainability of agro-ecosystems through basic and applied research. In: *Fourteenth International Plant Nutrition Colloquium*. Springer Netherlands, Hannover, Germany, 862–863.

- Garcia, C., Hernandez, T., Costa, F., Polo, A. (1991): Humic substances in composted sewage sludge. *Waste Management and Research*, 9, 189–194.
- Gariglio, N.F., Buyatti, M.A., Pilatti, R.A., Gonzalez Russia, D.E., Acosta, M.R. (2002). Use of a germination bioassay to test compost maturity of willow (*Salix* sp.) sawdust. *N.Z.J. Crop Hortic. Sci.*, 30:135-139.
- Geelhoed, J.S., Hiemstra, T. and Van Riemsdijk, W.H. (1997): Phosphate and sulfate adsorption on goethite: single anion and competitive adsorption. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 61, 2389–2396.
- Geiger, G., Federer, P., Sticher, H. (1993): Reclamation of heavy metal-contaminated soils, field studies and germination experiments. *Journal of Environmental Quality*, 22 (1), 201–207.
- Gerke, J. (1993): Solubilization of iron(III) from humic-iron complexes, humic-iron oxide mixtures and from poorly ordered iron-oxide by organic acids consequences for phosphorus adsorption. *Zeitschrift fuer Pflanzenernaehrung und Bodenkunde* 156(3), 253–257.
- Ghazifard, A., Kermanshahi, R.K., Etemadi, Z. (2001): Identification of thermophilic and mesophilic bacteria and fungi in Esfahan (Iran) municipal solid waste compost. *Far Waste Management and Research*, 19(3), 257–261.
- Giusquiani, P.L., Pagliai, M., Gigliotti, G., Businelli, D., Benetti, A. (1995): Urban waste compost: effects on physical, chemical and biochemical soil properties. *Journal of Environmental Quality*, 24,175–182.
- Goldstein, J. (1998): Compost suppresses disease in the lab and on the fields. *BioCycle* 39, 62–64.
- Guan, D. S., Peart, M.R. (2006): Heavy metal concentrations in plants and soils at roadside locations and parks of urban Guangzhou[J]. *Journal of Environmental Sciences*, 18(3), 495–502.
- Guerini, G., Maffei, P., Allievi, L., Gigliotti, C. (2006): Integrated waste management in a zone of northern Italy: compost production and use, and analytical control

- of compost, soil, and crop. *Journal of Environmental Science and Health Part B-Pesticides Food Contaminants and Agricultural Wastes*, 41(7), 1203–1219.
- Gutierrez-Miceli, F.A., Moguel-Zamudio, B., Abud-Archila, M., Gutierrez-Oliva, V.F., Dendooven, L. (2008): Sheep manure vermicompost supplemented with a native diazotrophic bacteria and mycorrhizas for maize cultivation. *Bioresource Technology*, 99(15), 7020–7026.
- Ha, K.V., Marschner, P., Bünemann, E.K. (2008): Dynamics of C, N, P and microbial community composition in particulate soil organic matter during residue decomposition. *Plant Soil*, 303, 253–264.
- Hao, X., Benke, M.B., Gibb, D., Stronks, A., Travis, G., McAllister, T.A. 2009. Effects of dried distillers' grains with solubles (wheat-based) in feedlot cattle diets on feces and manure composition. *Journal of Environmental Quality*, 38, 1709–1718.
- Hargreaves, J. (2008): The use of composts and compost teas in the production of strawberries and raspberries. PhD dissertation, Dalhousie University, Halifax, Nova Scotia.
- Hargreaves, J.C., Adl, M.S., Warman, P.R. (2009): The effects of municipal solid waste compost and compost tea on mineral element uptake and fruit quality of strawberries. *Compost Science and Utilization*, 17, 2, 85–94.
- Hassen, A., Belguith, K., Jedidi, N., Cherif, A., Cherif, M., Boudabous, A. (2001): Microbial characterization during composting of municipal solid waste. *Bioresource Technology*, 8, 217–225.
- He, X., Logan, T., Traina, S. (1995): Physical and chemical characteristics of selected U.S. municipal solid waste composts. *Journal of Environmental Quality*, 24, 543–552.
- Hernandez, A.J., Adarve, M.J., Gil, A., Pastor, J. (1999): Soil salination from Landfill Leachates: Effects on the macronutrient content and plant Growth of four Grassland species. *Chemosphere*, 38(7), 1693–1711.

- Hochstein, L.I., Rittenberg, S.C. (1958): The bacterial oxidation of nicotine: I. Nicotine oxidation by cell-free preparations. *The Journal of Biological Chemistry*, 234, 151–156.
- Hoitink, H.A.J., Stone, A.G., Han, D.Y. (1997): Suppression of plant diseases by composts. *HortScience*, 32, 184–187.
- Hoitink, H.A.J., Boehm, M.J. (1999): Biocontrol within the context of soil microbial communities: A substrate-dependant phenomenon. *Annual Review of Phytopathology*, 37, 427–446.
- Hoitink, H.A.J., Krause, M.S., Han, D.Y. (2001): Spectrum and Mechanisms of Plant Disease Control with Composts. In Peter J. Stoffella, Brian A. Kahn (Eds.), *Compost utilization in horticultural cropping systems* (p. 263). Boca Raton, Fla. Lewis Publishers.
- Hortenstine, C.C., Rothwell, D.F. (1973): Pelletized municipal refuse compost as a soil amendment and nutrient source for sorghum. *Journal of Environmental Quality*, 2 (3), 343–345.
- Huang, G.F., Wong, J.W.C., Wu, Q.T., Nagar, B.B. (2004): Effect of C/N on composting of pig manure with sawdust. *Waste Management*, 24, 805–813.
- Iglesias-Jimenez, E., Perez-Garcia, V. (1992). Determination of maturity indices for city refuse composts. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 38:331-343.
- Iglesias-Jimenez, E., Perez Garcia, V., Espino, M., Hernandez, J.M. (1993): City refuse compost as a phosphorus source to overcome the P-fixation capacity of sesquioxide-rich soils. *Plant and Soil*, 148, 115–127.
- Ingham, E. (2002). *The Compost Tea Brewing Manual*. Soil Foodweb Inc. Corvallis, OR.
- Ingram, D.T., Millner, P.D. (2007): Factors affecting compost tea as a potential source of *Escherichia coli* and *Salmonella* on fresh produce. *Journal of Food Protection*, 70, 828–834.
- Jakovljević, M., Pantović, M., Blagojević, S. (1995): *Handbook of soil and water chemistry*. University of Belgrade, Faculty of Agriculture, 1-117.

- Jindal, K.K., Singh, H., Meeta, M. (1988): Biological control of *Phytophthora infestans* on potato. *Indian Journal of Plant Pathology*, 6, 59–62.
- Jones, L.H.P., Jarvis, S.C. (1981): The fate of heavy metals. In: *The Chemistry of Soil Processes* (Ed.: D.J. Greenland and M.H.B. Hayes), 593–620.
- Jordao, C.P., Nascentes, C.C., Cecon, P.R., Fontes, R.L., Pereira, J.L. (2006): Heavy metals availability in soil amended with composted urban solid wastes. *Environmental Monitoring and Assessment*, 112, 309.
- Jung, W.J., An, K.N., Jin, Y.L., Park, R.D., Lim, K.T., Kim, K.Y., Kim, T.H. (2003): Biological control of damping-off caused by *Rhizoctonia solani* using chitinase-producing *Paenibacillus illinoisensis* KJA-424. *Soil Biology and Biochemistry*, 35(9), 1261–1264.
- Kehres, B. (1995): Stand der Kompostierung sowie Qualität und Vermarktung (Status of composting including quality and marketing). In: Wiemer, K. & Kern, M. (eds.) *Biologische Abfallbehandlung II Kompostierung-Anaerobtechnik-Kalte Vorbehandlung - Klärschlammverwertung*. Witzhausen, Germany: M.I.C. Baeza Verlag, 103–109.
- Khalil, M.I., Hossain, M.B., Schmidhalter, U. (2005): Carbon and nitrogen mineralization in different upland soils of the subtropics amended with organic materials. *Soil Biology and Biochemistry*, 37(8), 1507–1518.
- Kiehl, E. J. (1985): *Fertilizantes orgânicos*. São Paulo. Agronômica Ceres, 492.
- Kim, J.M., Shepherd Jr. M.W., Jiang, X. (2009a): Evaluating the effect of environmental 18 factors on pathogen regrowth in compost extract. *Microbial Ecology*, 58, 498–508.
- Kim, J.M., Luo, F., Jiang, X. (2009b): Factors impacting the regrowth of *Escherichia coli* O157:H7 in dairy manure compost. *Journal of Food Protection*, 72, 1576–1584.
- Kone, S.B., Dionne, A., Tweddell, R.J., Antoun, H., Avis, T.J. (2010): Suppressive effect of non-aerated compost teas on foliar fungal pathogens of tomato. *Biological Control*, 52, 167–173.

- Krogmann, U., Woyzechowski, H. (2000): Selected characteristics of leachate, condensate and runoff released during composting of biogenic waste. *Waste Manage Research*, 18, 235–248.
- Leita, L., De Nobili, M. (1991): Water-soluble fractions of heavy metals during composting of municipal solid waste. *Journal of Environmental Quality*, 20, 73–78.
- Leu, A. (2006): Organics and soil carbon: increasing soil carbon, crop productivity and farm profitability. Third OFA National Organic Conference “Organics - Solutions to Climate Change”, Sydney, Australia, 4–12.
- Line, M., Ramona, Y. (2003): The making of compost teas—the next generation? *Biocycle*, 44(12), 55–56.
- Litterick, A.M., Harrier, L., Wallace, P., Watson, C.A., Wood, M. (2004): The role of uncomposted materials, composts, manures and compost extracts in reducing pest and disease incidence and severity in sustainable temperate agricultural and horticultural crop production—a review. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 23(6), 453–479.
- Loll, U. (1994): Behandlung von Abwassern aus aeroben und anaeroben Verfahren zur biologischen Abfallbehandlung (Treatment of Waste Water from Aerobic and Anaerobic Biological Waste Treatment); In: *Werwertung biologischer Abfalle*. S. 284-307, Hrgs: K. Wiemer, M. Kern, Kassel.
- Lou, X.F., Nair, J. (2009): The impact of landfilling and composting on greenhouse gas emissions – A review. *Bioresource Technology*, 100(16), 3792–3798.
- Maher, M., Prasad, M., Raviv, M. (2008): Organic Soilless Media Components. *Soilless culture: theory and practice*, 459–504.
- Marchiol, L., Peressotti, A., Mondini, C., De Nobili, M., Leita, L., Zerbi, G. (1997): Urban waste compost utilization in land-fill aftercare. Pages 335-342 in T.H. Christensen, R. Cossu, and R. Stegman editors. *Proceedings of the Sixth International Landfill Symposium*, vol. IV, S. Margherita di Pula, Cagliari, Italy.

- Marchiol, L., Mondini, C., Leita, L., Zerbi, G. (1999): Effects of Municipal Waste Leachate on Seed Germination in Soil-Compost Mixtures: Restoration Ecology, 155–161.
- Marchiol, L., Mondini, C., Leita, L., Zerbi, G. (2002): Effects of Municipal Waste Leachate on Seed Germination in Soil-Compost Mixtures. *Journal of the Society for Ecological Retoration International*, 7(2), 155-161.
- Marine, S. C., Micallef S. A., Pagadala, S., Wang, F., Pahl, D. M., Melendez, M. V., Oni, R. A., Walsh, C. S., Kline, W. L., Everts, K. L., Buchanan, R. L. (2013): Occurrence and distribution of pathogenic and indicator bacteria on conventionally and organically grown tomatoes and leafy greens in the mid-Atlantic. *Phytopathology*, 103(6), 89.
- Marques, M., Hogland, W. (2001): Stormwater Run-Off And Pollutant Transport Related To The Activities Carried Out In A Modern Waste Management Park. *Waste Management and Research*, 19, 1.
- Mkhabela, M.S., Warman, P.R. (2005): The influence of municipal solid waste compost on yield, soil phosphorus availability and uptake by two vegetable crops grown in a Pugwash sandy loam soil in Nova Scotia. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 106, 57–67.
- Moldes, A., Cendon, Y., Barral, M.T. (2007): Evaluation of municipal solid waste compost as a plant growing media component, by applying mixture design. *Bioresource Technology*, 98, 3069–3075.
- Munshower, F.F. (1994): *Practical Handbook of Disturbed land Revegetation*. Boca Raton, FL: Lewis Publishing.
- Naidu, Y., Meon, S., Kadir, J., Siddiqui, Y. (2010): Microbial starter for the enhancement of biological activity of compos tea. *International Journal of Agriculture and Biology*, 12(1), 51–56.
- Naidu, Y., Meon, S., Siddiqui, Y. (2012): In vitro and in vivo evaluation of microbial-enriched compost tea on the development of powdery mildew on melon. *BioControl*, 57(6), 827–836.

- Ngampimol, H., Kunathigan, V. (2008): The study of shelf life for liquid biofertilizers from vegetable waste. *AU Journal of Technology*, 11, 204–208.
- Okur, N., Kayıkçıoğlu, H.H., Okur, B., Delibacak, S. (2008): Organic Amendment Based on Tobacco Waste Compost and Farmyard Manure: Influence on Soil Biological Properties and Butter-Head Lettuce Yield. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 32, 91–99.
- Ozguven, A.I., Kaska, N., Türemis, N. (1997): The opportunities of using tobacco compost in strawberry growing. *Proceedings of the 3rd International Strawberry Symposium. Acta Horticulturae*, 439, 731–736
- Palm, C. A., Gachengo, N.C., Delve, R.J., Cadisch, G., Giller. K.E. (2001): Organic inputs for soil fertility management in tropical agro-ecosystems: Application of an organic resource database. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 83, 27–42.
- Pane, C., Spaccini, R., Piccolo, A., Scala, F., Bonanomi, G. (2011): Compost amendments enhance peat suppressiveness to *Pythium ultimum*, *Rhizoctonia solani* and *Sclerotinia minor*. *Biological Control*, 56(2), 115–124.
- Pant, A., Radovich, T.J.K., Hue, N.V., Talcott, S.T., Krenek, K.A. (2009): Vermicompost extracts influence growth, mineral nutrients, phytonutrients and antioxidant activity in Pak choi (*Brassica rapa* cv. Bonsai, *Chinensis* group) grown under vermicompost and chemical fertilizer. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2383–2392.
- Papafotiou, M., Phsyhalou, M., Kargas, G., Chatzipavlidis, I., Chronopoulos J. (2004): Olive-mill wastes compost as growing medium component for the production of poinsettia. *Scientia Horticulturae*, 102, 167–175.
- Pare, T., Diel, H., Schmitzer, M. (1999): Extractability of trace metals during co-composting of bilsolids and municipal solid wastes. *Biology and Fertility of Soils*, 29, 31-37.
- Pascual, J.A., Garcia, C., Hernandez, T. (1999): Lasting microbiological and biochemical effects of the addition of municipal solid waste on arid soil. *Biology and Fertility of Soils*, 30, 1–6.

- Pascual, J.A., Garcia, C., Hernadez, T., Lerma, S., Lynch, J.M. (2002): Effectiveness of municipal waste compost and its humic fraction in suppressing *Pythium ultimum*. *Microbial Ecology*, 44, 59–68.
- Pascual, I., C. Antolin, C. García, A. Polo, and M. Sánchez-Díaz. 2007. Effect of water deficit on microbial characteristics in soil amended with sewage sludge or inorganic fertilizer under laboratory conditions. *Bioresource Technology*, 98:29–37.
- Peot, C., Thompson, D. (1996): Compost use in wetland restoration. *BioCycle*, 37(1), 65–66.
- Peper, I. L., Gerba, C. P., Brendencke, J. W. (1995). *Environmental Microbiology*. Acad. Press, San Diego, 11-33.
- Perez, J., Muñoz-Dorado, J., de la Rubia, T., Martínez, J. (2002): Biodegradation and biological treatments of cellulose, hemicellulose and lignin: an overview. *International Microbiology*, 5(2), 53–63.
- Peters, S., Koschinsky, S., Schwieger, F., Tebbe, C.C. (2000): Succession of microbial communities during hot composting as detected by PCR-single-strand-conformation polymorphism-based genetic profiles of small-subunit rRNA genes. *Applied Environmental Microbiology*, 66, 930–936.
- Peverly, J.H., Gates, P.B., Clapp, C.E. (1994): Utilization of municipal solid waste and sludge composts in crop production systems. In 'Sewage sludge: Land utilization and the environment'. Bloomington, USA. (Eds WE Larson, RH Dowdy), 193–203.
- Poincelot, R. (1975): *The Biochemistry and Methodology of Composting*. The Connecticut Agricultural Experiment Station, New Haven.
- Quimby, P.C., King, L.R., Grey, W.E. (2002): Biological control as a means of enhancing the sustainability of crop/land management systems. *Agricultural Ecosystem and Environment*, 88, 147–152.
- Raphael, G., Poly, F., Jocteur Monrozier, L., Faivre, P. (2003): Plant and soil microbial community responses to solid waste leachates diffusion on grassland. *Plant and Soil*, 255(2), 445–455.

- Rashad, F.M., Salch, W.D., Moselhy, M.M. (2010): Bioconversion of rice straw and certain agro-industrial wastes to amendments for organic farming systems, I-composting, quality, stability and maturity indices. *Bioresource Technology*, 101, 5951–5960.
- Reddy, N., Crohn, D.M. (2012): Compost Induced Soil Salinity: A New Prediction Method and Its Effect on Plant Growth. *Compost Science and Utilization*, 20 (3), 133–140.
- Reeve, J.R., Carpenter-Boggs, L., Reganold, J.P., York, A.L., Brinton, W.F. (2010): Influence of biodynamic preparations on compost development and resultant compost extracts on wheat seedling growth. *Bioresource Technology*, 101, 5658–5666.
- Reuveni, R., Raviv, M., Krasnovsky, A., Freiman, L., Medina, S., Bar, A., Orion, D. (2002): Compost induces protection against *Fusarium oxysporum* in sweet basil. *Crop Protection*, 21, 583–587.
- Riggle, D. (1996): Compost teas in agriculture. *BioCycle*, 37(12), 65-57.
- Rivard, C., Rodriguez, J., Nagle, N., Self, J., Kay, B., Soltanpour, P., Nieves, R. (1995): Anaerobic digestion of municipal solid waste. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 51–52, 125–135.
- Rodriguez, L., Villaseñor, J., Fernández, F.J., Sánchez, V., (2006): Co-composting winery sludge with different biowastes. *Proc IV Int Specialized Conf on Sustainable Viticulture: Winery Wastes and Ecologic Impact Management, Viña del Mar, Chile*, 227–234.
- Ros, M., Klammer, S., Knapp, B., Aichberger, K., Insam, H. (2006): Long-term effects of compost amendment of soil on functional and structural diversity and microbial activity. *Soil Use and Management*, 22, 209–218.
- Ryan, M., Wilson, D., Hepperly, P., Travis, J., Halbrendt, N., Wise, A. (2005): Compost tea potential is still brewing. *BioCycle*, 46(6), 30–32.
- Saithep, N., Dheeranupatana, S., Sumrit, P., Jeerat, S., Boonchalearmkit, S., Wongsanoon, J., Jatisatienr, C. (2009): Composting of tobacco plant waste by

- manual turning and forced aeration system. Maejo International Journal of Science and Technology, 3(02), 248–260.
- Saltali, K. and Brohi, A.R. (1993): The effect of tobacco waste on the soil characteristics and plant nutrient contents of alkaline soils. *Bibliotheca Lichenologica*, 50, 1–24.
- Sanabria-Leon, R., Cruz-Arroyo, L.A., Rodríguez, A.A., Alameda M. (2007): Chemical and biological characterization of slaughterhouse wastes compost. *Waste Management*, 27(12), 1800–1807.
- Sang, M.K., Kim, J.G., Kim, K.D. (2010): Biocontrol activity and induction of systemic resistance in pepper by compost water extracts against *Phytophthora capsici*. *Phytopathology*, 100, 774–783.
- Schenk, S., Hoelz, A., Krauss, B., Decker, K. (1998): Gene structures and properties of enzymes of the plasmid-encoded nicotine catabolism of *Arthrobacter nicotinovorans*. *Journal of Molecular Biology*, 284, 1323–1339.
- Scheuerell, S., Mahaffee, W. (2002): Compost tea: principles and prospects for plant disease control. *Compost Science and Utilization*, 10, 313–338.
- Scheuerell, S.J., Mahaffee, W.F. (2004): Compost tea as a container medium drench for suppressing seedling damping-off caused by *Pythium ultimum*. *Phytopathology*, 94, 1156–1163.
- Scheuerell, S.J., Sullivan, D.M., Mahaffee, W.F. (2005): Suppression of seedling damping-off caused by *Pythium ultimum*, *P. irregulare*, and *Rhizoctonia solani* in contained media amended with a diverse range of PaciWc Northwest compost sources. *Phytopathology*, 95, 306–315.
- Sefidkoochi, A.A., Sepanlou M.G., Bahmanyar M. A. (2012): Investigating the effects of long-term application of compost-like output on wheat yield and N, P and K in kernel and soil under planting. *African Journal of Agricultural Research*, 7(14), 2215–2224.
- Shabani, H., Peyvast, G., Olfati, J.A., Kharrazi P.R. (2011): Effect of municipal solid waste compost on yield and quality of eggplant. *Comunicata Scientiae*, 2(2), 85–90.

- Shilev, S., Naydenov, M., Tahsin, N., Sancho, E.D., Benlloch, M., Vancheva, V., Sapundjieva, K., Kuzmanova, J. (2007): Effect of easily biodegradable amendments on heavy metals accumulation in technical crops – a field trial. *Journal of Environmental Engineering and Landscape Management*, 15(4), 237–242.
- Shrestha, K., Shrestha, P., Walsh, K., Harrower, K., Midmore, D. (2011): Microbial enhancement of compost extracts based on cattle rumen content compost – Characterisation of a system. *Bioresource Technology*, 102, 8027–8034.
- Siddiqui, Y., Meon, S., Ismail, R., Rahmani, M. (2009): Bio-potential of compost tea from agro-waste to suppress *Choanephora cucurbitarum* L. the causal pathogen of wet rot of okra. *Biological Control*, 49, 38–44.
- Sidhu, J., Gibbs, R.A., Ho, G.E., Unkovich, I. (2001): The role of indigenous microorganisms in suppression of *Salmonella* regrowth in composted biosolids. *Water Research*, 35, 913–920.
- Smith, R. S. (1992): Legume inoculant formulation and application. *Canadian Journal of Microbiology*, 38, 485–492.
- Souleymane, B.K., Antoine, D., Russell, J.T., Hani A., Tyler, J.A. (2010): Suppressive effect of non-aerated compost teas on foliar fungal pathogens of tomato. *Biological Control*, 52, 167–173.
- Soumare, M., Tack, F., Verloo, M. (2003): Characterisation of Malian and Belgian solid waste composts with respect to fertility and suitability for land application. *Waste Management*, 23, 517–522.
- Stevenson, F.J. (1985): The Nitrogen Cycle in Soil: Global and Ecological Aspects. In: *Cycles of Soils*, Stevenson, F.J., (Ed.). Wiley Int. Sci. Pub., New York, USA, 106–153.
- Stindt, A. (1990): Untersuchungen zur Wirkung und zu den Wirkungsmechanismen von Kompostextrakten auf *Botrytis cinerea* Pers. Ex *Nocca* and *Balb* an Erdbeeren, Kopfsalat und Buschbohnen. Thesis, University of Bonn.

- Stone, A.G., Traina, S.J., Hoitink, H.A.J. (2001): Particulate organic matter composition and *Pythium damping-off* of cucumber. *Soil Science Society of America Journal*, 65, 761–770.
- Suarez-Estrella, F., Vargas-García, M.C., López, M.J., Capel, C., Moreno, J. (2007): Antagonistic activity of bacteria and fungi from horticultural compost against *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*. *Crop Protection*, 26, 46–53.
- Suarez-Estrella, F., Vargas-García, M.C., López, M.J., Moreno, J. (2007): Effect of horticultural waste composting on infected plant residues with pathogenic bacteria and fungi: Integrated and localized sanitation. *Waste Management*, 27, 886–892.
- Suarez-Estrella, F., Bustamante, M.A., Moral, R., Vargas-García, M.C., López, M.J., Moreno, J. (2012): In vitro control of *Fusarium* wilt using agroindustrial subproduct-based composts. *Journal of Plant Pathology*, 94(1), 59–70.
- Suarez-Estrella, F., Arcos-Nievas, M.A., López, M.J., Vargas-García, M.C., Moreno, J. (2013): Biological control of plant pathogens by microorganisms isolated from agro-industrial composts. *Biological Control*, 67, 3, 509–515.
- Sullivan, P. (2001): Sustainable management of soil-born plant diseases. ATTRA, USDA's Rural Business Cooperative Service. Available from: www.attra.org.
- Swan, J. R. M., Crook, B., Gilbert, E. J. (2002): Microbial Emissions from Composting Sites. In: Hester R.E. and Harrison R.M. (eds.), *Environmental Science and Technology*. Royal Society of Chemistry, 18, 73–101.
- Tamietti, G., Valentino, D. (2006): Soil solarization as an ecological method for the control of *Fusarium wilt* of melon in Italy. *Crop Protection*, 25, 389–397.
- Trautmann, N., Olynciw, E. (2003): *Compost Microorganisms*. Ithaca, NY: Cornell University.
- Tzortzakis, N., Gouma S., Paterakis C., Manios T. (2012): Deployment of Municipal Solid Wastes as a Substitute Growing Medium Component in Marigold and Basil Seedlings Production. *The Scientific World Journal*, 2012, Article ID 285874, DOI:10.1100/2012/285874

- Unsal, T., Ok, S. S. (2001): Description of characteristics of humic substances from different waste materials. *Bioresource Technology*, 78(3), 239–242.
- U.S. EPA. 2000. Supplementary Guidance for Conducting Health Risk Assessment of Chemical Mixtures. EPA/630/R-00/002
- Walkley, A., Black, I.A. (1934). An examination degtijarf method for determination for role organic matter and proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.*, 37:29-38.
- Wang, L. F., Lee, S.W., Huang, C.M., Chung, Y.D., Chang, S.J., Chen. W.C. (1992): Secondary treatment of hog waste and manufacture of rapid stabilization compost. In: Experiment Report of Taiwan Sugar Company 1991–1992. Research Institute of Taiwan Sugar Company, Tainan, Taiwan, 119–127.
- Wang, W., Keturi, P. H. (1990): Comparative seed germination tests using ten plant species for toxicity assessment of a metal engraving effluent sample. *Water Air and Soil Pollution*, 52, 3, 369–376.
- Wardle, D.A., Ghani, A. (1999): A critique of the microbial metabolic (qCO₂) as a bioindicator of disturbance and ecosystem development. *Soil Biology and Biochemistry*, 27, 1601–1610.
- Watson, M.E. (2003): Testing compost. In: Extension Fact Sheet, School of Natural Resources, Columbus, OH, 1–4.
- Weltzein, H.C., Ketterer, N. (1986): Control of downy mildew, *Plasmopara viticola* (de Bary) Berlese et de Toni, on grape vine leaves through water extracts from composted organic waste. *Journal of Phytopathology*, 116, 186–188.
- Weltzein, H. C. (1989): Some effects of composted organic materials on plant health. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 27, 439-446.
- Weltzein, H.C. (1991): Biocontrol of foliar fungal diseases with compost extracts. In: Andrews J.H. and Hirano S. S. (eds.), *Microbial Ecology of Leaves*. Springer-Verlag, New York, NY, 430–450.

- Wolkowski, R.P. (2003): Nitrogen management considerations for landspreading municipal solid waste compost. *Journal of Environmental Quality*, 32, 1844–1850.
- Wong, J.W.C., Mak, K.F., Chan, N.W., Lam, A., Fang, M., Zhou, L.X., Wu, Q.T., Liao, X.D. (2001): Co-composting of soybean residues and leaves in Hong Kong. *Bioresour. Technology*, 76, 99–106.
- Woodbury, P.B., Breslin, V.T. (1992): Assuring compost quality - suggestions for facility managers, regulators, and researchers. *Biomass and Bioenergy*, 3(3-4), 213–225.
- Xu, D., Raza, W., Yu, G., Zhao, Q., Shen, Q., Huang, Q. (2012): Phytotoxicity analysis of extracts from compost and their ability to inhibit soil-borne pathogenic fungi and reduce root-knot nematodes. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 28, 1193–1201.
- Yeo, A.R., Flowers, T.J., Ragab, R., Pearce, G.R. (1997): The role of crop salt tolerance in the development of an integrated management plan for irrigation with saline water. Pages 19-35 in A. Hamdy, editor. *Proceedings of the International Conference on Water Management, Salinity and Pollution Control Towards Sustainable Irrigation in the Mediterranean Region*, Valenzano. Centre International de Haute Etudes Agronomiques Mediterranees, Bari, Italy.
- Yeo, A. (1998): Molecular biology of salt tolerance in the context of whole-plant physiology. *The Journal of Experimental Botany*, 49, 915–929.
- Zakonu o upravljanju otpadom („Sl. glasnik RS“, br. 36/2009 i 88/2010)
- Zaller, J. G. (2007): Vermicompost as a substitute for peat in potting media: Effects on germination, biomass allocation, yields and fruit quality of three tomato varieties. *Science of Horticulture*, 112, 191–199.
- Zhang, W., Han, D.Y., Dick, W.A., Davis, K.R., Hoitink, H.A.J. (1998): Compost and compost water extract-induced systemic acquired resistance in cucumber and *Arabidopsis*. *Phytopathology*, 88, 450–455.

- Zhang, M., Heaney, D., Henriquez, B., Solberg, E., Bittner, E. (2006): A four year study on influence of biosolids/MSW cocompost application in less productive soils in Alberta: nutrient dynamics. *Compost Science and Utilization*, 14(1), 68–80.
- Zhimang G., Büyüksönmez, F., Gajaraj, S., Edward R. B. (2011): Adsorption of Phosphate by Goethite and Zeolite: Effects of Humic Substances from Green Waste Compost. *Compost Science and Utilization*, 19, 3, 197–204.
- Zhou L., McCartney, D., Chen, W., Yu, S., Abboud, S., Wichuk, K. (2012): The Impact of Various Contaminants on the Trace Metal Content of Compost. *Compost Science and Utilization*, 20, (3), 156–164.
- Zucconi, F., Pera, A., Forte, M., de Bertoldi, M. (1981): Evaluating toxicity of immature compost. *BioCycle*, 22(2), 54–57.

BIOGRAFIJA AUTORA

Mira Milinković rođena je 04.04.1979. godine u Čačku. Osnovnu i srednju školu završila je u Čačku. Agronomski fakultet u Čačku, opšti smer, upisala je školske 1998/1999. godine, a diplomirala 2004. godine. Poslediplomske studije na Agronomskom fakultetu u Čačku, na nastavnoj grupi Zaštita i uređenje zemljišta, upisala je školske 2004/2005. godine, a završila odbranom magistarske teze pod naslovom: „Uticaj azota na produktivnost i kvalitet mrkve“, 2008. godine i stekla zvanje magistra biotehničkih nauka. Temu doktorske disertacije pod nazivom „Biopotencijal komposta i produkata komposta“ prijavila je 2009. godine na naučnoj oblasti Melioracije zemljišta, katedra za ekološku mikrobiologiju, Poljoprivrednog fakulteta u Zemunu.

Od marta 2006. godine bila je zaposlena u Gradskoj upravi grada Čačka na poslovima izrade i realizacije razvojnih projekata lokalnog ekonomskog razvoja. Od 01.02.2012. godine zaposlena je na Institutu za voćarstvo, Čačak kao istraživač-saradnik u Odeljenju za tehnologiju gajenja voćaka.

Odlukom Naučnog veća Instituta za zemljište u Beogradu od 30.03.2009. godine, izabrana je u zvanje istraživač saradnik, a reizabrana 23.03.2012. godine, Odlukom Naučnog veća Instituta za voćarstvo, Čačak.

Učestvuje u realizaciji projekta Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja TR-31080 „Biodiverzitet kao potencijal u ekoremedijacionim tehnologijama oštećenih ekosistema“ (2011–2014.). U periodu 2008–2011. godine kao saradnik partnera na projektu, učestvovala je u istraživanjima na projektu TR-20104 „Biodegradacija specifičnog agroindustrijskog i komunalnog otpada i kvalitet životne sredine“ koji je finansiralo Ministarstvo nauke i tehnološkog razvoja. Takođe, učestvovala je u izradi i realizaciji projekata koje je finansiralo Ministarstva poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede, „Standardizacija i marketing voćarske proizvodnje čačanskog kraja“, (2010–2011.) i „Mreža za podršku ruralnom razvoju“ (2008–2011.).

U dosadašnjem istraživačkom radu, mr Mira Milinković, bavila se proučavanjem pravilnog upravljanja biorazgradljivog komunalnog i agroindustrijskog otpada, primenom komposta i produkata komposta u poljoprivrednoj proizvodnji, sa ciljem održivog korišćenja prirodnih resursa i zaštite i unapređenja životne sredine. Poseban aspekt istraživačke aktivnosti mr Mire Milinković, odnosi se i na proučavanja primene savremenih tehnologija biljne proizvodnje i čuvanja plodova voća u skladu sa pozitivnom proizvođačkom praksom i zakonskom regulativom.

Do sada je objavila sama, ili u saradnji sa drugim autorima, uključujući magistarsku tezu 22 bibliografske jedinice.

Član je Naučnog voćarskog društva Srbije i International Society for Horticultural Science (ISHS).

Govori engleski jezik.

Прилог 1.

Изјава о ауторству

Потписани-а: Мира Милинковић

Број индекса или пријаве докторске дисертације _____

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом:

Биопотенцијал компоста и продукта компоста

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да предложена докторска дисертација у целини ни у деловима није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио/ла интелектуалну својину других лица.

У Београду, децембар, 2013.

Потпис докторанда



Прилог 2.

**Изјава о истоветности штампане и електронске
верзије докторске дисертације**

Име и презиме аутора Мира Милинковић
Број индекса или пријаве докторске дисертације _____
Студијски програм _____
Наслов докторске дисертације Биопотенцијал компоста и продуката компоста
Ментор Проф. др Вера Раичевић

Потписани/а Мира Милинковић

Изјављујем да је штампана верзија моје докторске дисертације истоветна електронској верзији коју сам предао/ла за објављивање на порталу **Дигиталног репозиторијума Универзитета** у Београду.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

У Београду, децембар, 2013.

Потпис докторанда



Прилог 3.

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

Биопотенцијал компоста и продуката компоста

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство
2. Ауторство - некомерцијално
3. Ауторство – некомерцијално – без прераде
4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима
5. Ауторство – без прераде
6. Ауторство – делити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци дат је на крају).

У Београду, децембар, 2013.

Потпис докторанда

