

Utjecaj češkog dvornika Reynoutria x bohemica Chrtek et Chrtková na kemijske značajke tla i rast drugih svojti

Perković, Lucia

Master's thesis / Diplomski rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:768610>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-11-24**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Lucia Perković

Utjecaj češkog dvornika *Reynoutria × bohemica* Chrtek et Chrtková
na kemijske značajke tla i rast drugih svojti

Diplomski rad

Zagreb, 2019.

Ovaj rad, izrađen je na Botaničkom zavodu Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta, pod vodstvom prof. dr. sc. Svena Jelaske. Rad je predan na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistra struke znanosti o okolišu.

Zahvale...

Veliko hvala mom mentoru prof.dr.sc. Svenu Jelaski na prilici, ukazanom povjerenju, strpljenju i susretljivosti prilikom izrade ovog diplomskog rada.

Hvala svim mojim prijateljima koji su me pratili tijekom ovog životnog puta.

Iva i Marija, hvala vam što ste uz mene još od gimnazijskih dana, što ste trpile sve moje drame svih tih godina i bile uz mene i u najtežim trenucima. S vama znam da nikada nisam sama.

Jedno veliko hvala Pauli s kojom mogu voditi beskrajne razgovore o svemu i što me poticala i motivirala tijekom studija. Nikada neću zaboraviti dan kada smo „kliknule“ uz izradu modela za mineralogiju.

Hvala Eni što uvijek nađe razumijevanja za sve moje probleme i što me zna nasmijati do suza. Hvala ti za sve šetnje i sitne razgovore o svemu i ničemu, a sve je počelo kao: „Ej bok Lucia, jel mi možeš malo reć kakav je ZOOK?“

Hvala Katarini koja je uvijek bila „zagrijana“ za odlazak na koncerte sa mnom još od srednjoškolskih dana i s kojom sam provela vjerojatno najuzbudljivije izlaske.

Hvala Nives, Loki, Gogi, Knezu, Kerkiju i Petri što ste mi uljepšali diplomski studij. Nisam ni očekivala da ću upoznati tako super ljude s kojima sam provela možda i najljepše dane studiranja. Stvarno ljudi zakon ste!

Hvala Šapini za sve ugodne i smirujuće razgovore i hvala ti što trpio sva moja besramna kašnjenja.

Veliko hvala mojoj obitelji koja je bila uz mene svo ovo vrijeme studiranja.

Hvala mojoj mami, dedi i teti pašteti, a posebno hvala mojoj baki koja mi je bila najveća podrška tijekom cijelog mog školovanja. Baka hvala ti što si uvijek imala vjere u mene da ja to mogu, hvala ti na svakoj kritici i opasci tijekom odrastanja, iz svega sam ponešto naučila i hvala ti na najfinijim ručkovima. Mislim da stvarno mogu reći da imam najbolju baku na svijetu!

Hvala mojim sestričnama Niki i Mateji koje su mi postale kao sestre. Hvala vam što ste bile tu za mene i što smo se međusobno gurale i poticale još od školskih dana, a posebno tijekom ispitnih rokova uz litre kave.

Najveće hvala mom Maku koji mi je bio najveća podrška prilikom pisanja ovog rada. Hvala ti što si uvijek tu uz mene i što me svaka tvoja topla riječ posebno ohrabri kada mi je to najviše potrebno.

Za kraj, hvala tati koji me posebno motivirao kada sam upisala ovaj studij jer je bio iznimno sretan i ponosan na mene i znam da bi sada bio još ponosniji jer bi se mogao hvaliti kako ima kćer magistricu.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu

Prirodoslovno-matematički fakultet

Biološki odsjek

Diplomski rad

UTJECAJ ČEŠKOG DVORNIKA *Reynoutria × bohemica* CHRTEK ET CHRTEKOVÁ NA KEMIJSKE ZNAČAJKE TLA I RAST DRUGIH SVOJTI

Lucia Perković

Rooseveltov trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Smatra se da su invazivne vrste na globalnoj razini druga najveća prijetnja bioraznolikosti uz izravno uništavanje prirodnih staništa. Porodica *Polygonaceae* (dvornici) u Hrvatskoj flori broji sedam rodova od kojih je jedan i rod *Reynoutria* s tri svojte. Češki dvornik *Reynoutria × bohemica* Chrtek et Chrtková hibrid je dviju vrsta *Reynoutria japonica* Houtt. (japanski dvornik) i *Reynoutria sachalinensis* (F. S. Petrop.) Nakai in T. Mori (veliki dvornik) koji se spontano razvio na novom području izvan prirodnog areala roditeljskih vrsta. Češki dvornik, kao i ostale vrste roda *Reynoutria*, pokazuje izrazito puno invazivnih značajki te se smatra da se ovaj križanac širi brže i agresivnije od svojih roditelja. Ključ uspjeha ove vrste može se nalaziti u potencijalnom alelopatskom djelovanju koje dodatno pomaže daljnjem širenju i osvajanju novih područja. U ovom radu istraživana je utjecaj prisutnosti češkog dvornika na određene kemijske značajke tla (pH, organska tvar i humus) te rast i klijavost testnih biljaka *Triticum aestivum* L. i *Sinapis alba* L. Utvrđeno je kako prisutnost *R. × bohemica* nije značajno utjecala na promjene kemijskih značajki tla pa tako niti na rast i klijavost obične pšenice i bijele gorušice. Izgleda da je kompetitivna sposobnost ipak glavni mehanizam uspješnosti širenja ove vrste. Radi dobivanja što vjerodostojnijih rezultata potrebno je provesti istraživanja u uvjetima što bližima onima u prirodi.

(45 stranica, 21 slika, 18 tablica, 55 literaturnih navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici

Ključne riječi: invazivne vrste, hibrid, alelopatija, pH, organska tvar, humus, *Triticum aestivum* L., *Sinapis alba* L.

Voditelj: dr. sc. Sven Jelaska, prof.

Ocjenitelji: dr. sc. Sven Jelaska, prof.
dr. sc. Anamaria Štambuk, doc.
dr. sc. Vlasta Čosović, prof.
dr. sc. Neven Bočić, izv. prof.
dr. sc. Alan Moro, izv. prof. (Zamjena)

Rad prihvaćen: 13. veljače 2019.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb

Faculty of Science

Department of Biology

Graduation Thesis

EFFECT OF BOHEMIAN KNOTWEED *Reynoutria × bohemica* CHRTEK ET CHRTKOVÁ ON CHEMICAL FEATURES OF THE SOIL AND THE GROWTH OF OTHER SPECIES

Lucia Perković

Rooseveltova trg 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

Globally, in addition to direct destruction of natural habitats, invasive species are considered to be the biggest threat to biodiversity. The *Polygonaceae* family in Croatia consists of seven genera, one of which is *Reynoutria*, with three taxa. *Reynoutria × bohemica* Chrtek et Chrtková is a hybrid of two species, *Reynoutria japonica* Houtt. and *Reynoutria sachalinensis* (F. S. Petrop.) Nakai in T. Mori, which spontaneously developed in a new area, outside the areas of its parental species. Bohemian knotweed, like other species of the genus *Reynoutria*, displays a number of invasive characteristics and is considered to be expanding even more aggressively than its parental species. The key of its success could potentially lie in its allelopathic activity, which further aids its dispersion and conquest of new areas. In this thesis, I investigated the effect of the presence of Bohemian knotweed on different chemical features of the soil (pH, organic matter, humus) and on sprouting and growth of test plants *Triticum aestivum* L. and *Sinapis alba* L. It was determined that the presence of *R. × bohemica* did not significantly affect chemical characteristics of the soil or the growth and sprouting of *Triticum aestivum* L. and *Sinapis alba* L. Competition seems to be the main mechanism of invasive success of this species. To obtain reliable results in the future, the conditions under which the experiment is conducted need to be as close to those present in nature as possible.

(45 pages, 21 pictures, 18 tables, 55 references, original in: Croatian)

Thesis deposited in the Central Biological Library

Key words: invasive species, hybrid, allelopathy, pH, organic matter, humus, *Triticum aestivum* L., *Sinapis alba* L.

Supervisor: dr. sc. Sven Jelaska, Prof.

Reviewers: dr. sc. Sven Jelaska, Prof.
dr. sc. Anamaria Štambuk, Asst. Prof.
dr. sc. Vlasta Čosović, Prof.
dr. sc. Neven Bočić, Assoc. Prof.
dr. sc. Alan Moro, Assoc. Prof. (Substitute)

Thesis accepted: February 13th, 2019

Sadržaj

1. UVOD	1
1.1. Invazivne biljne vrste.....	1
1.2. Invazivne biljne vrste u Hrvatskoj.....	3
1.3. Rod <i>Reynoutria</i>	4
1.4. <i>Reynoutria × bohemica</i> Chrtek et Chrtková.....	6
1.5. Cilj rada	8
2. MATERIJALI I METODE	9
2.1. Uzorkovano tlo	9
2.1.1. Analiza kemijskih značajki tla.....	10
2.1.2. Eksperiment klijavosti i rasta	13
2.1.3. Analiza klijavosti i rasta	15
2.1.4. Statistička analiza	15
3. REZULTATI.....	16
3.1. Analiza kemijskih značajki tla.....	16
3.1.1. Određivanje pH vrijednosti	17
3.1.2. Količina organske tvari.....	18
3.1.3. Količina humusa	19
3.2. Analiza klijavosti i rasta	23
3.2.1. Analiza rasta bijele gorušice.....	24
3.2.2. Analiza rasta obične pšenice.....	30
4. RASPRAVA.....	36
5. ZAKLJUČAK	39
6. LITERATURA.....	40

1. UVOD

1.1. Invazivne biljne vrste

Invazija prirodnih staništa unesenim stranim vrstama danas predstavlja jednu od najvećih prijetnji bioraznolikosti (Lonsdale 1999, Mack i sur. 2000, Scalera i sur. 2012). Invazivnim vrstama smatramo one vrste čiji unos i/ili širenje predstavljaju prijetnju bioraznolikosti na razini ekosustava, staništa i vrsta, te imaju negativne učinke na ljude (Mitić i sur. 2008). Proces globalizacije, a time sve jednostavniji transport i trgovina pogodovali su stranim vrstama da se prošire diljem svijeta. Europa je stoljećima bila centar internacionalne razmjene što je s vremenom dovelo do unosa niza stranih vrsta (Keller i sur. 2011). Otkrićem Novog Svijeta proces unosa postao je puno brži s obzirom na to da su tada mnoge vrste prvi put prenesene s jednog kontinenta na drugi (Richardson i sur. 2000). Glavni je krivac za problem invazivnih vrsta čovjek koji je uz sam unos stranih vrsta stvorio i staništa pogodna za njihov opstanak i daljnje širenje (Hejda i sur. 2009). Stvaranjem novih antropogenih tipova staništa, stvorili smo i sve veći problem invazivnih vrsta (Nikolić i sur. 2014). Mnoge studije pokazale su da strane vrste preferiraju staništa pod jakim antropogenim utjecajem i općenito staništa koja su nestabilna (Pyšek i sur. 2010).

Invazivne biljne vrste mogu biti unesene namjernim ili nenamjernim putem. Namjerno prenošenje biljaka traje od kad je i čovjeka, a velik broj egzotičnih biljaka unesen je u Europu tijekom razdoblja kolonijalizma kao ukrasno bilje. S druge strane, nenamjerni ili slučajni unos najčešće je posljedica prethodno spomenutog sve većeg transporta gdje se strana vrsta neopaženo prenosi uz pomoć nekog vektora (Nikolić i sur. 2014). Unatoč velikom broju invazivnih biljaka samo se nekolicina njih uspije toliko proširiti da bi ih smatrali invazivnima (Lonsdale 1999). Kako neka biljka postane invazivna pitanje je koje zaokuplja velik broj znanstvenika. Visoka sposobnost razmnožavanja i širenja jedna je od odlika koja se pripisuje invazivnim biljkama i koja bi mogla biti odgovorna za njihov uspjeh u osvajanju novih prostora (Moravcova i sur. 2010). Biljke koje se na novom području uspiju prilagoditi novim uvjetima, te postanu sposobne samostalno obnavljati svoje populacije, zovemo naturalizirane biljke (Richardson i sur. 2000, Nikolić i sur. 2014).

U posljednje vrijeme sve je više znanstvenih istraživanja koja upućuju na alelopatiju kao jednu od pojava koja ide u korist širenju invazivnih vrsta (Callaway i Ridenour 2004,

Hierro i Callaway 2003). Alelopatija je svaki izravan ili neizravan štetan ili koristan učinak jedne biljke na drugu, kroz proizvodnju kemijskih tvari (alelokemikalija) koje se ispuštaju u okoliš (Rice 1984). Alelokemikalije se iz biljaka oslobađaju različitim mehanizmima koji uključuju razgradnju biljnih ostataka, ispiranje i hlapljenje iz lišća i stabljike te izlučivanje iz korijena. Primjećeno je da invazivne biljke u novim područjima formiraju tzv. monokulture, što može upućivati na izlučivanje biokemijskih tvari koje im pomažu u procesu njihovog širenja (Hierro i Callaway 2003). Jedna je od najvećih misterija u ekologiji invazivnih vrsta kako neke egzotične biljke u svom prirodnom okruženju rastu u malim gustoćama dok se na novom području razvijaju u izrazito guste sastojine. Odgovor na ovaj misterij može nam dati jedna od vodećih hipoteza koja pokušava objasniti uspješnost invazivnih biljaka pomoću alelopatskog djelovanja tzv. „hipoteza novih oružja“. Ova hipoteza govori nam kako strana vrsta u novom okolišu povećava svoju kompeticijsku moć izlučivanjem alelokemikalija na koje domaće biljke nisu prilagođene, a razlog tome izostanak je koevolucije tih vrsta (Callaway i Ridenour 2004). Također, provedena su brojna istraživanja koja nastoje dokazati alelopatsko djelovanje češkog dvornika, a jedno od tih istraživanja proveli su Murell i sur. (2011). Istraživanjem su dokazali snažnu alelopatsku komponentu češkog dvornika na autohtone srednjoeuropske vrste, gdje je dodatak aktivnog ugljena (koji apsorbira organske spojeve) u zemlju poboljšao rast domaćih vrsta.

1.2. Invazivne biljne vrste u Hrvatskoj

Iako su na svjetskoj razini istraživanja invazivne flore itekako brojna i provode se već duži niz godina, u Hrvatskoj manjka broj ovakvih istraživanja. Općenito govoreći, floristička istraživanja u Hrvatskoj brojna su i imaju dugu povijest dok se pozornost invazivnim biljkama posvetila tek unazad desetak godina. Sve veća osviještenost oko ovog problema i stvaranje velike baze podataka invazivnih vrsta Europe (DAISIE) koja je manjkala podacima iz Hrvatske, rezultiralo je prvim preliminarnim popisom invazivne flore Hrvatske (Dobrović i sur. 2006). Slijedio je prijedlog standardizacije terminologije i kriterija o podjeli alohtone flore (Mitić i sur. 2008) te je u skladu s tim nastao novi preliminarni popis invazivne flore Hrvatske s 64 biljne svojte (Boršić i sur. 2008). Unutar već postojeće baze Flora Croatica (Mitić i sur. 2008), stvoren je modul „Alohtone biljke“ koji obuhvaća popis invazivnih biljaka koji trenutno broji 77 svojti s oznakom invazivnosti (pristup 28.1.2019.). Podrijetlo invazivnih vrsta u hrvatskoj flori najvećim dijelom potječe iz Sjeverne i Južne Amerike (gotovo 70 % svih vrsta), a slijede ih vrste prenesene iz Azije, Afrike i drugih područja (Boršić i sur. 2008, Nikolić i sur. 2014). Flora Hrvatske izrazito je raznolika, a svojom brojnošću čini jedan od centara bioraznolikosti Europe (Nikolić i sur. 2014). Prema *Flora Croatica Database* trenutno je zabilježena 4561 vrsta od čega su većim dijelom zavičajne biljke dok je 626 vrsta alohtono (pristup 28.1.2019.). Utvrđeno je da se invazivne biljne vrste u Hrvatskoj pojavljuju na gotovo 50 % teritorija (Nikolić i sur. 2013). Većina istraživanja invazivne flore fokusirana je na neko određeno područje (Vuković i sur. 2010, Pruša i sur. 2013) dok cjelovitog istraživanja invazivnih biljaka u Hrvatskoj, izuzev Nikolić i sur. (2013), i dalje manjka. Kako bi se ova tema više popularizirala i približila javnosti objavljena je i prva stručna knjiga o invazivnim biljkama Hrvatske koja detaljno opisuje 70 biljaka s preliminarnog popisa invazivne flore Hrvatske (Nikolić i sur. 2014).

Osim znanstvenog pogleda na problematiku invazivnih biljnih vrsta, posljednjih godina i hrvatsko zakonodavstvo skrenulo je pozornost na ovaj sve veći problem. Aktualni *Zakon o zaštiti prirode* zabranjuje uvoz, stavljanje na tržište Republike Hrvatske stranih vrsta i/ili njihovo uvođenje u prirodu na područje Republike Hrvatske i u ekosustave u kojima prirodno ne obitavaju (NN 80/13, Čl.68). Europska unija donijela je 2014. godine Uredbu o sprječavanju i upravljanju unošenja i širenja invazivnih vrsta, a na temelju ove Uredbe u siječnju 2018. godine stupio je na snagu *Zakon o sprječavanju unošenja i širenja stranih te invazivnih stranih vrsta i upravljanju njima* (NN 15/18).

1.3. Rod *Reynoutria*

Porodica *Polygonaceae* (dvornici) u Hrvatskoj je zastupljena sa sedam rodova od kojih je jedan rod *Reynoutria*. *Reynoutria japonica* Houtt. (japanski dvornik) (Slika 1), *Reynoutria sachalinensis* (F. S. Petrop.) Nakai in T. Mori (veliki dvornik) (Slika 2) i njihov križanac *Reynoutria × bohemica* Chrtek et Chrtková (češki dvornik) (Slika 3) tri su svojte roda *Reynoutria* koje nalazimo u hrvatskoj flori. Prirodni areal rasprostiranja ovog roda na području je istočne Azije, odakle se proširio po Europi i svijetu. Dvornici su namjerno uneseni u Europu tijekom 19. stoljeća (Bailey i Conolly 2000) kao ukrasne biljke te su naročito popularni bili u viktorijanskim vrtovima odakle su se dalje proširili i na ostala staništa (Nikolić i sur. 2014). Danas je dobro poznato da vrste ovog roda posjeduju mnoge značajke „idealnog osvajača“ (Brabec i Pyšek, 2000), a *Reynoutria japonica* Houtt. svrstana je na popis 100 najgorih invazivnih vrsta u Europi prema DAISIE bazi podataka. Tipična značajka dvornika gust je i brzi rast koji može iznositi i do 15 cm na dan što im omogućava dominaciju nad područjem koje su zaposjeli (Urgenson i sur. 2009). Ovakav brzi rast i visoka produkcija biomase dovode do stvaranja izrazito gustih sastojina koje onemogućuju dopiranje svjetlosti do razine tla što uzrokuje sveopće smanjenje raznolikosti flore pa i sam izostanak pojedinih biljnih vrsta (Siemens i Blossey 2007). Postoji i niz istraživanja koji upućuje na to da prisustvo dvornika na nekom području ima utjecaj i na okolnu faunu (Gerber i sur. 2008, Kappes i sur. 2007, Maerz i sur. 2005). Tipična staništa na kojima možemo naći vrste roda *Reynoutria* uglavnom su nestabilna staništa uz obale rijeka, uz ceste ili željezničke pruge (Tiébré i sur. 2008). Dvornici su izrazito otporne biljke te su mogućnosti gospodarenja i kontrole veoma teški i zahtijevaju velike financijske troškove. Procjenjuje se da se u Europi godišnje potroši oko 2,3 milijarde eura na uklanjanje i kontrolu japanskog dvornika (Kettunen i sur. 2008). U Hrvatskoj najviše dvornika nalazimo u nizinskim područjima sjeverozapadne i istočne Hrvatske, najčešće uz obale rijeka i potoka, ali i na ruderalnim staništima, a prvi su navodi vrste *Reynoutria japonica* Houtt. na našim područjima iz prve polovice 20. stoljeća iako je vjerojatno prisutna i ranije (Nikolić i sur. 2014).



Slika 1. *Reynoutria japonica*
(izvor: <https://www.naturespot.org.uk/species/japanese-knotweed>)



Slika 2. *Reynoutria sachalinensis*
(izvor: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Reynoutria_sachalinensis_2_beentree.jpg)



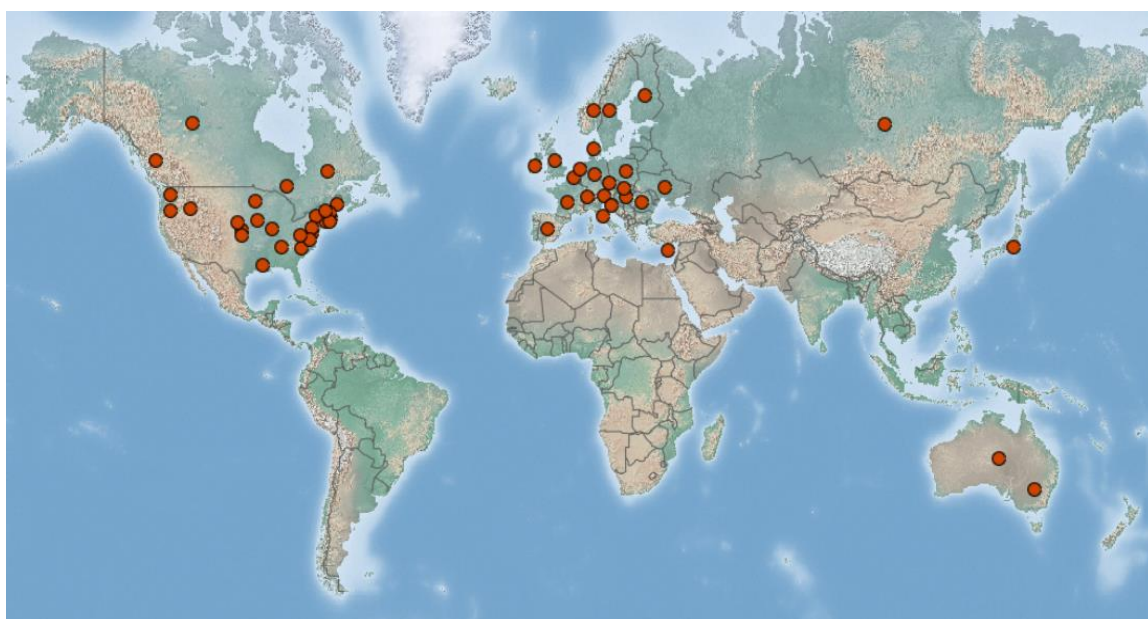
Slika 3. *Reynoutria* × *bohemica*
(izvor: <https://www.infoflora.ch/de/flora/reynoutria-%C3%97bohemica.html>)

1.4. *Reynoutria × bohemica* Chrtek et Chrtková

Češki dvornik *Reynoutria × bohemica* Chrtek et Chrtková hibrid je dviju vrsta *Reynoutria japonica* Houtt. (japanski dvornik) i *Reynoutria sachalinensis* (F. S. Petrop.) Nakai in T. Mori (veliki dvornik) koji se spontano razvio na novom području izvan prirodnog areala roditeljskih vrsta (Slika 5). Postojanje ove vrste nije zabilježeno sve do 1983. godine kada je prvi puta opisana u Češkoj (Chrtek i Chrtková 1983). Naknadnim pregledom herbarijskog materijala otkriveno je da je češki dvornik već dugo vremena prisutan u Europi, a najraniji hortikulturalni primjerak datira iz 1872. koji se nalazi u botaničkom vrtu grada Manchestera, a najraniji poznati naturalizirani primjerak datira iz 1954. godine također iz Engleske (Bailey i Conolly 2000). Češki dvornik, kao i ostale vrste roda *Reynoutria*, pokazuje izrazito puno invazivnih značajki te se smatra da se ovaj križanac širi brže i agresivnije od svojih roditelja (Mandák i sur. 2004). Stvaranje gustih i visokih sastojina češkog dvornika smatra se kao jedan od osnovnih mehanizama u osvajanju novih teritorija (Siemens i Blossey 2007) dok opsežan sustav rizoma ukazuje na to kako je *R. × bohemica* dobar kompetitor za nutrijente (Shaw i Seiger, 2002). Broj biljnih vrsta u blizini područja rasta češkog dvornika izrazito je smanjen, a sam nedostatak mladica drugih vrsta u rano proljeće prije vegetacijskog vrhunca *R. × bohemica* i izostanak vrsta koje su tolerantne na sjenovita staništa, može upućivati na alelopatsko djelovanje (Inderjit i Callaway 2003, Siemens i Blossey 2007). Područja uz obale rijeka i potoka česta su meta češkog dvornika (Slika 4), a upravo ovakva staništa savršena su za daljnje rasprostiranje sjemena i ostalih biljnih dijelova uz pomoć hidrokoriije (Rand 2000, Siemens i Blossey 2007). Nalazišta hibrida zabilježena su čak i na Mediteranu gdje mu očito ekstremniji vremenski uvjeti poput dugih i suhih ljeta ne smetaju za razliku od roditeljskih vrsta (Bailey i Wisskirchen 2006). U Hrvatskoj su hibridne jedinice prvi puta zabilježene 2015. godine (*Flora Croatica Database* 2015, Vuković i sur. 2016), ali detaljnijim pregledom herbarijskih primjeraka ustanovljeno je da se često puta radilo o krivoj determinaciji roditeljske vrste *R. japonica*. Danas se smatra da je *R. × bohemica* najrasprostranjenija vrsta roda *Reynoutria* u Hrvatskoj (Vuković i sur. 2016).



Slika 4. Gusta sastojina *R. × bohemica* uz obalu rijeke Save
(foto: Perković Lucia, 2018.)



Slika 5. Karta rasprostranjenosti češkog dvornika u svijetu
(izvor: <https://www.cabi.org/isc/datasheet/108332>)

1.5. Cilj rada

Cilj je ovog rada ustanoviti utječe li prisutnost invazivne vrste *Reynoutria × bohemica* Chrtek et Chrtková, na promjene nekih kemijskih značajki tla poput pH vrijednosti, količine humusa i organske tvari te utječe li tlo na klijavost i rast obične pšenice (*Triticum aestivum* L.) i bijele gorušice (*Sinapis alba* L.). Pretpostavlja se da češki dvornik kao jedna izrazito invazivna biljna vrsta ima potencijalno alelopatsko djelovanje koje može utjecati na promjene gore navedenih svojstava. Vođena ovom pretpostavkom očekujem da će tlo na kojem se prethodno nalazio češki dvornik utjecati na rast i klijavost testnih biljaka kao i na promjene kemijskih značajki tla.

2. MATERIJALI I METODE

2.1. Uzorkovano tlo

Tlo korišteno za potrebe istraživanja sakupila sam na tri lokacije u Zagrebu početkom studenog 2018. godine. Izrazito guste sastojine češkog dvornika bile su presudne za odabir lokacija. Područje nasipa uz rijeku Savu, rubno stanište u naselju Kajzerica i područje iza nasipa na Mladosti (Slika 6) lokacije su na kojima sam provela svoje istraživanje i koje su sadržavale izrazito guste sastojine istraživane svojte. Na svakoj od ovih lokacija tlo sam uzorkovala u pravilnoj 3×3 mreži (s udaljenošću susjednih uzoraka od 4 m). Tlo sam uzorkovala cilindričnim korerom, a po tri uzorka sakupila sam unutar sastojine češkog dvornika, tri na rubnom dijelu sastojine i tri na udaljenosti od 4 m izvan sastojine kao kontrolu, što je na kraju sveukupno 27 uzoraka. Sve uzorke uzela sam u replikatu za potrebe eksperimenta klijanja i rasta te za potrebe određivanja određenih kemijskih značajki tla. Uzorke sakupljene za eksperiment klijanja i rasta spremila sam u plastične posude volumena 150 ml, a preostale uzorke za drugi dio eksperimenta spremila sam u plastične vrećice, označila i prenijela u laboratorij gdje su se sušili na zraku pri sobnoj temperaturi.



Slika 6. Gusta sastojina *R. × bohemica* na lokaciji Mladost
(foto: Perković Lucia, 2018.)

2.1.1. Analiza kemijskih značajki tla

Zemlju koja se prethodno osušila na zraku iskoristila sam za analizu kemijskih značajki tla. Sakupljenim uzorcima odredila sam pH vrijednost, organsku tvar i količinu humusa.

S pH metrom, pomoću kombinirane elektrode (HANNA HI 99121, Direct soil pH meter) određivala sam pH vrijednost tla. U staklene čašice volumena 50 ml stavila sam 10 g zemlje i ulila 25 ml destilirane vode te pokrila satnim staklom. Dobivene suspenzije ostavila sam da odstoje 30 min uz povremeno miješanje i na kraju izmjerila pH vrijednost. Dobivene vrijednosti usporedila sam s tablicom podjele tla prema pH vrijednosti izmjerenoj u destiliranoj vodi (Tablica 1).

Tablica 1. Podjela tla prema pH vrijednosti izmjerenoj u destiliranoj vodi (Ilijanić 1973)

Grupa tla	pH-vrijednost
Vrlo jako kisela	< 4
Jako kisela	4 - 5
Umjereno kisela	5 - 6
Neutralna do slabo kisela	6 - 7
Umjereno alkalična	7 - 8
Jako alkalična	9 - 10
Vrlo jako alkalična	> 10

Organsku tvar određivala sam žarenjem u mufolnoj peći (INKO LP-08). Uzorke tla usitnila sam u tarioniku, odvagala 5 g i prebacila u porculanske zdjelice. Tako usitnjeno tlo prvo sam stavila sušiti u sušionik na 110 °C 24 h. Nakon sušenja izvagala sam porculanske zdjelice s tлом i zatim ih stavila u mufolnu peć na žarenje. Tlo se žarilo 2 h na 430 °C (prema protokolu NRM Laboratories, Davies 1974). Nakon žarenja, zdjelice sam pomoću kliješta izvadila i prenijela u eksikator na hlađenje. Sljedeći dan ponovno sam izvagala zdjelice s tлом. Količinu organske tvari tla izračunala sam pomoću formule:

$$X = \frac{a - b}{a} * 100$$

gdje je X – gubitak žarenjem u postocima, a – masa tla prije žarenja, b – masa tla nakon žarenja. Dobivene vrijednosti usporedila sam s vrijednostima u tablici koje prikazuju kojoj kategoriji pripadaju (Anonymous 2015) (Tablica 2).

Tablica 2. Kategorija organske tvari u tlu s obzirom na izmjerenu vrijednost (Anonymous 2015)

Količina organske tvari u tlu (%)	Kategorija
< 1	Jako malo organske tvari
1 - 2	Malo organske tvari
2 - 5	Umjereno organske tvari
5 - 10	Puno organske tvari
10 - 15	Jako puno organske tvari
15 - 30	Bogato organskom tvari
> 30	Treset

Količinu humusa određivala sam metodom po Kotzmanu pri čemu se koristi jaki oksidans KMnO_4 iz čijeg utroška možemo odrediti prisutnu količinu humusa. Na analitičkoj vagi izvagala sam 0,2 g tla i ubacila ga u Erlenmeyerovu tikvicu volumena 500 ml. U tikvicu sam dodala 130 ml destilirane vode, 20 ml H_2SO_4 , koju sam prethodno razrijedila u volumnom udjelu 1:3, i 50 ml KMnO_4 . Sadržaj tikvice kuhala sam na plameniku, kad je sadržaj počeo lagano kipjeti mjerila sam 10 min. Nakon što je sadržaj tikvice kipio 10 min, skinula sam ga s vatre i odmah titrirala višak KMnO_4 korištenjem 0,1 N otopine oksalne kiseline $\text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4$ iz birete do obezbojenja. S obzirom na to da je reakcija obezbojenja vrlo spora u tikvicu sam dodala suvišak oksalne kiseline koji sam kasnije retitrirala sa 0,1 N otopinom KMnO_4 do pojave ružičastog obojenja. Volumene utrošene za titriranje iščitala sam s birete i zapisala za konačni izračun količine humusa. Za izračun količine humusa u tlu koristila sam formulu:

$$\omega (C) = \frac{V * 0,000514 \text{ g}}{m} * 100$$

gdje je ω - maseni postotak ugljika, V – volumen KMnO_4 potrošen za oksidaciju humusa, 0,000514 – masa ugljika koji oksidira u 0,1 N otopine KMnO_4 , m – masa zemlje utrošene za reakciju.

Poznato je da na 100 dijelova humusa ima oko 58 dijelova ugljika što znači da maseni udio ugljika treba pomnožiti s 1,72 da bi se dobio konačni maseni udio humusa. Dobivene vrijednosti usporedila sam s tablicom (Tablica 3) koja prikazuje klasifikaciju tala prema udjelu humusa (Gračanin i Ilijanić 1977).

Tablica 3. Klasifikacija tala prema udjelu humusa (Gračanin i Ilijanić 1977)

Klasifikacija	% humusa
Vrlo slabo humozna	< 1
Slabo humozna	1 - 3
Dosta humozna	3 - 5
Jako humozna	5 - 10
Vrlo jako humozna	> 10

2.1.2. Eksperiment klijavosti i rasta

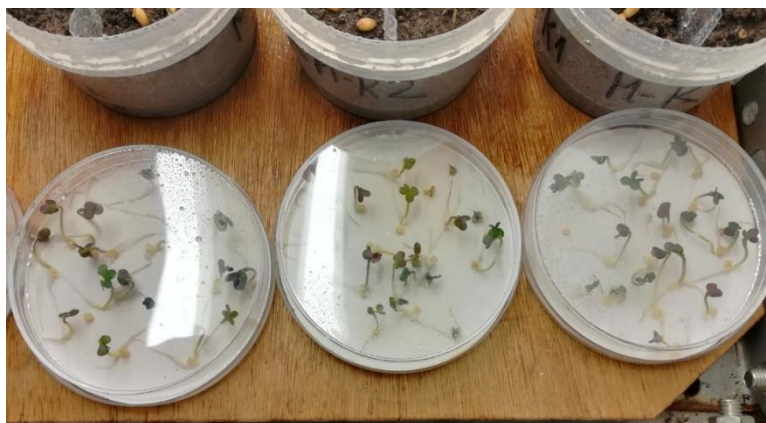
Tlo koje sam sakupila u plastične posudice volumena 150 ml poslužilo je za eksperiment klijavosti i rasta. Za ovaj eksperiment kao testne biljke koristila sam komercijalno dostupne sjemenke gorušice (*Sinapis alba* L.) i pšenice (*Triticum aestivum* L.). Sjemenke sam prvo sterilizirala namakanjem u komercijalnoj varikini koju sam prethodno razrijedila u omjeru 1:4. Sterilizacija sjemenki trajala je 20 minuta nakon čega sam ih temeljito isprala vodom.

Posudice sa zemljom, koje sam prethodno očistila od organskih dijelova, podijelila sam plastičnom „pregradom“ na dva jednaka dijela kako bi usporedno u svaki dio mogla posaditi 10 sjemenki pšenice i 10 sjemenki gorušice (ukupno 20 sjemenki po posudici) koje sam zatim obilno zalila destiliranom vodom i prenijela u klimakomoru u Botaničkom vrtu. Sadnju sam provela u svih 27 prikupljenih uzoraka tla pri čemu je ukupno utrošeno 540 sjemenki (270 sjemenki pšenice i 270 sjemenki gorušice). Klijanci su uzgajani 21 dan (Slika 9), na stalnoj temperaturi od 24 °C, jednakom izmjenom svjetlosti (12 h dan, 12 h noć) i intenzitetom svjetla od 2600 lux-a (svjetlomjer PCE-L355). Napredak klijanja svakodnevno sam provjeravala uz zalijevanje destiliranom vodom.

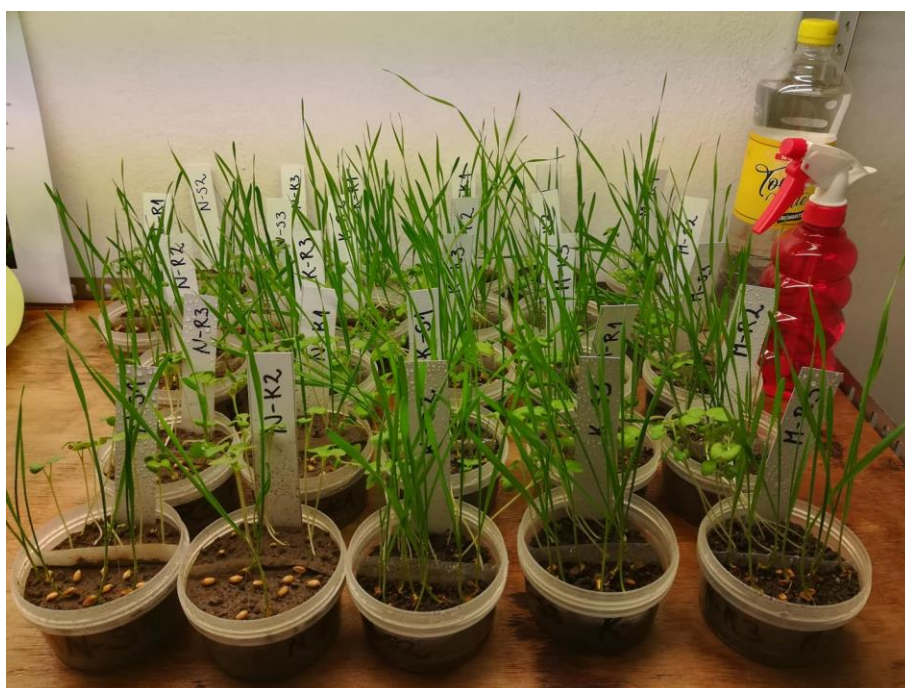
Usporedno s ovim eksperimentom u istoj klimakomori i pod istim uvjetima provela sam testiranje klijavosti testnih biljaka. Za potrebe ovog testiranja pripremila sam 6 Petrijevih posudica u koje sam na dno stavila filter papir. U svaku posudicu pincetom sam nanijela 20 sjemenki pšenice i 20 sjemenki gorušice u tri replikacije (ukupno 120 sjemenki) i zalila ih destiliranom vodom. Tako pripremljene posudice prenijela sam u klimakomoru gdje sam svakodnevno uz zalijevanje pratila klijavost sjemenki. Testiranje klijavosti testnih vrsta (Slika 7 i 8) pratila sam 7 dana.



Slika 7. Testiranje klijavosti za vrstu *Triticum aestivum*



Slika 8. Testiranje klijavosti za vrstu *Sinapis alba*



Slika 9. Klijanci pšenice i gorušice u klimakomori nakon 21 dana iskljavanja
(foto: Perković Lucia)

2.1.3. Analiza klijavosti i rasta

Nakon zavšetka eksperimenta klijavosti, posudice iz klimakomore prenijela sam natrag u laboratorij redom kojim sam ih nosila u klimakomoru nakon sadnje kako bi analizirala nadzemne dijelove klijanaca. Proklijale nadzemne dijelove pažljivo sam odvojila od sjemenke uz pomoć žileta i tako svježe izvagala i pripremila na papir za skeniranje te sve označila. Nakon skeniranja svježe izdanke stavila sam na sušenje u sušionik na 80 °C u trajanju od 24 h i sljedeći dan ponovno ih izvagala. Skenirane uzorke iskoristila sam za mjerenje duljine izdanaka uz pomoć računalnog programa ImageJ (Slika 10).



Slika 10. Namještanje mjerne skale u programu ImageJ na primjeru jedne fotografije nastale skeniranjem za mjerenje duljine nadzemnih dijelova klijanaca

2.1.4. Statistička analiza

Dobivene podatke statistički sam obradila uz pomoć programa Statistica gdje sam korištenjem analize varijance (ANOVA) usporedila mjerene karakteristike pšenice i bijele gorušice i kemijskih značajki tla uz korištenje Tukey post-hoc testa za utvrđivanje značajnosti pojedinačnih razlika.

3. REZULTATI

3.1. Analiza kemijskih značajki tla

Analizom kemijskih značajki tla dobivene su sljedeće vrijednosti (Tablica 4):

Tablica 4. Dobivene vrijednosti kemijskih značajki tla uzorkovanih na tri lokacije (M – Mladost, K – Kajzerica, N – Nasip) s po tri uzorka unutar sastojine češkog dvornika, na rubu sastojine i kontrole izvan sastojine

Lokalitet	Položaj	pH	Organska tvar (%)	Humus (%)
M-K1	kontrola	7,60	8,418	8,178
M-K2	kontrola	7,71	14,309	7,294
M-K3	kontrola	7,77	11,254	10,742
M-R1	rub	7,78	6,712	3,934
M-R2	rub	7,87	6,393	5,526
M-R3	rub	7,79	8,453	6,542
M-S1	sastojina	7,80	8,091	7,736
M-S2	sastojina	7,95	7,407	6,542
M-S3	sastojina	7,94	7,014	6,410
K-K1	kontrola	7,89	8,274	7,559
K-K2	kontrola	7,91	9,716	8,487
K-K3	kontrola	7,95	8,383	7,868
K-R1	rub	7,65	7,182	7,647
K-R2	rub	7,70	9,561	8,222
K-R3	rub	7,90	9,124	7,470
K-S1	sastojina	7,86	8,472	7,073
K-S2	sastojina	7,86	8,395	7,957
K-S3	sastojina	7,88	7,710	8,045
N-K1	kontrola	7,87	5,226	4,288
N-K2	kontrola	7,81	4,715	4,023
N-K3	kontrola	7,96	4,819	4,818
N-R1	rub	7,86	4,742	4,995
N-R2	rub	7,89	4,775	5,437
N-R3	rub	7,82	5,125	5,349
N-S1	sastojina	7,96	4,424	4,332
N-S2	sastojina	8,05	3,852	3,978
N-S3	sastojina	8,00	3,933	4,199

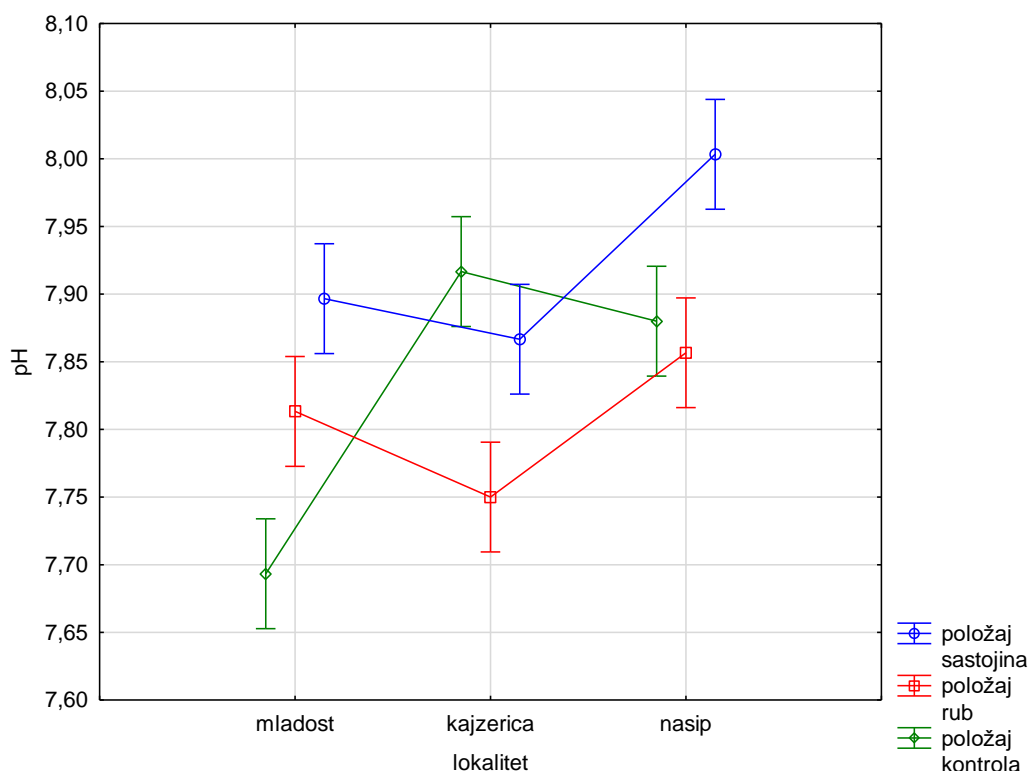
ANOVA test pokazao je da postoje statistički značajne razlike između mjerenih karakteristika kemijskih značajki tla na lokacijama i položajima uzorkovanja (Tablica 5).

Tablica 5. Rezultati ANOVA analize za kemijske značajke tla uzorkovanih na tri lokacije (Mladost, Kajzerica, Nasip) s po tri uzorka unutar sastojine češkog dvornika, na rubu sastojine i kontrole izvan sastojine gdje su masno otisnute statistički značajne razlike ($p < 0,05$)

	Ime testa	Vrijednost Wilks testa	F	Stupanj povezanosti	Greška stupnja povezanosti	p
Odsječak	Wilks	0,000052	102016,5	3	16,00000	0,000000
Lokacija	Wilks	0,078967	13,6	6	32,00000	0,000000
Položaj	Wilks	0,284359	4,7	6	32,00000	0,001629
Lokacija*položaj	Wilks	0,193249	3,1	12	42,62352	0,003493

3.1.1. Određivanje pH vrijednosti

Analiza tla pokazala je relativno ujednačene pH vrijednosti, koje su se kretale u rasponu od 7,60 do 8,05 (Tablica 4). Slika 11 prikazuje prosječne izmjerene pH vrijednosti u odnosu na lokaciju i položaj. Može se uočiti da položaji Rub i Sastojina prate trend promjene pH vrijednosti s obzirom na lokaciju uzorkovanja. Položaj Sastojina u prosjeku ima više pH vrijednosti od položaja Ruba i Kontrole izuzev lokacije i položaja Kajzerica Kontrola. Položaj i lokacija Mladost Kontrola imaju najnižu izmjerenu pH vrijednost dok položaj i lokacija Nasip Sastojina najvišu prosječnu pH vrijednost. Tukey post-hoc testom zabilježeno je nekoliko statistički značajnih razlika između pH vrijednosti i lokacije i položaja uzorkovanja. Najviše statistički značajnih razlika, njih tri, uočeno je kod lokacije i položaja Mladost Kontrola gdje su zabilježene najniže prosječne pH vrijednosti (Tablica 6). Statistički značajne razlike za lokaciju i položaj Mladost Kontrola zabilježene su u odnosu na Mladost Sastojina, Kajzerica Kontrola i Nasip Sastojina, gdje su zabilježene najviše dobivene pH vrijednosti u odnosu na ostale lokacije i položaje. Za razliku od Mladost Kontrole, na lokaciji i položaju Nasip Sastojina zabilježene su najviše prosječne pH vrijednosti i dvije statistički značajne vrijednosti i to u odnosu na Mladost Kontrola i Kajzerica Rub, gdje su zabilježene najniže dobivene pH vrijednosti u odnosu na ostale lokacije i položaje.

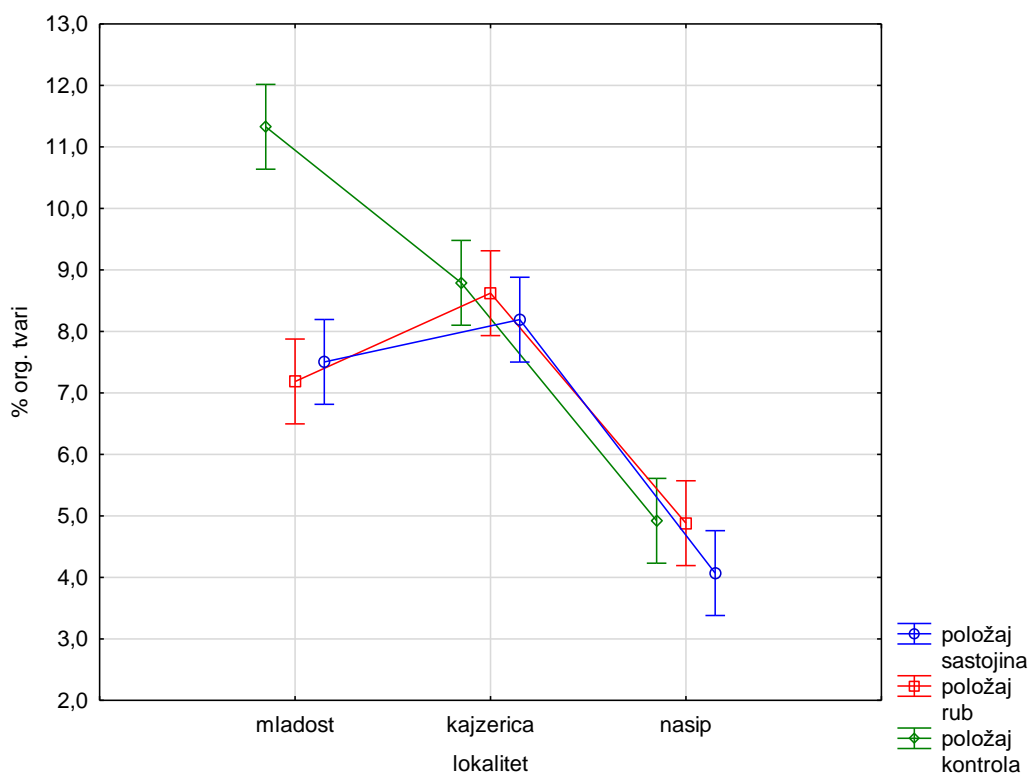


Slika 11. Prosječne pH vrijednosti tla uzorkovanog na tri lokacije (Mladost, Kajzerica i Nasip) s po tri uzorka unutar sastožine češkog dvornika, na rubu sastožine i kontrole izvan sastožine s obzirom na lokaciju i položaj uzorkovanja (simbolom prikazane srednje vrijednosti, vertikalnim crtama standardna greška srednje vrijednosti)

3.1.2. Količina organske tvari

Analizom količine organske tvari ustanovljeno je da su dobivene vrijednosti za lokacije Mladost i Kajzerica više manje ujednačene uz izuzetak lokacije i položaja Mladost Kontrola gdje su zabilježene najviše vrijednosti. Na lokalitetu Nasip zabilježene su najniže vrijednosti količine organske tvari (Tablica 4). Na Slici 12 vidimo kako prosječne vrijednosti količine organske tvari prate relativno ujednačeni trend promjene s obzirom na položaj i lokaciju. Izuzetak je lokacija i položaj Mladost Kontrola gdje je uočeno najveće odstupanje u odnosu na ostale lokacije i položaje s najvišom izmjerenom količinom organske tvari. Kod položaja i lokacije Nasip Sastožina izmjerene su najniže vrijednosti količine organske tvari. Tukey post-hoc analizom uočeno je da postoje statistički značajne razlike između količine organske tvari i lokacije i položaja. Lokalitet i položaj Mladost Kontrola s izmjerenom najvećom vrijednosti količine organske tvari pokazuje čak 5 statistički značajnih razlika (Tablica 7). Razlike su uočene u odnosu na lokacije i položaje Mladost Rub, Mladost Sastožina, Nasip Kontrola, Nasip Rub i Nasip Sastožina, gdje su zabilježene najniže dobivene

vrijednosti količine organske tvari u odnosu na ostale lokacije i položaje. Suprotno lokalitetu i položaju Mladost Kontrola, Nasip Sastojina kao točka sa najnižom izmjerenom prosječnom vrijednosti količine organske tvari, također broji 5 statistički značajnih razlika, a one su uočene u odnosu na lokacije i položaje Mladost Kontrola, Mladost Sastojina, Kajzerica Kontrola, Kajzerica Rub i Kajzerica Sastojina.

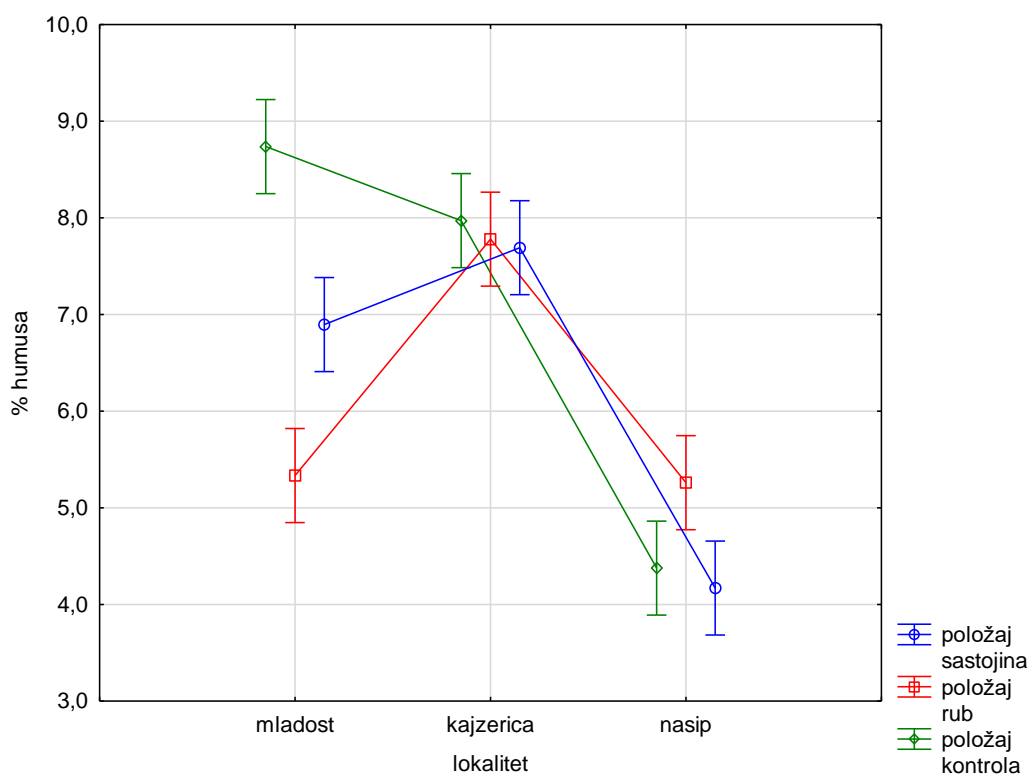


Slika 12. Prosječne vrijednosti količine organske tvari u tlu uzorkovanog na tri lokacije (Mladost, Kajzerica i Nasip) s po tri uzorka unutar sastojine češkog dvornika, na rubu sastojine i kontrole izvan sastojine s obzirom na lokaciju i položaj uzorkovanja (simbolom prikazane srednje vrijednosti, vertikalnim crtama standardna greška srednje vrijednosti)

3.1.3. Količina humusa

Lokacije Kajzerica i Nasip prate ujednačen trend promjene količine humusa s obzirom na položaj uzorkovanja, dok lokacija Mladost pokazuje najveće odstupanje u odnosu na druge lokacije i položaje uzorkovanja. Može se uočiti da lokacija i položaj Mladost Kontrola pokazuje najveću izmjerenu količinu humusa dok lokacija i položaj Nasip Sastojina najnižu. Na lokaciji Kajzerica uočene su relativno ujednačene prosječne vrijednosti količine humusa u odnosu na položaje uzorkovanja (Slika 13). Tukey post-hoc analizom dobivene su statistički značajne razlike između količine humusa i lokacije i položaja uzorkovanja. Najviše statistički

značajnih razlika uočeno je kod svih položaja na lokaciji Nasip gdje su izmjerne najniže vrijednosti količine humusa u odnosu na ostale lokacije i položaje (Tablica 8). Nasip Kontrola i Nasip Sastojina broje 5 statistički značajnih razlika. Razlike su uočene u odnosu na lokacije i položaje Mladost Kontrola, Mladost Sastojina, Kajzerica Kontrola, Kajzerica Rub i Kajzerica Sastojina, gdje su zabilježene najviše vrijednosti količine humusa u odnosu na ostale lokacije i položaje. Lokacija i položaj Nasip Rub broji 4 statistički značajne razlike koje su zabilježene kod svih lokacija i položaja kao kod prethodna dva položaja Nasipa izuzev lokacije i položaja Mladost Sastojina.



Slika 13. Prosječne vrijednosti količine humusa u tlu uzorkovanog na tri lokacije (Mladost, Kajzerica i Nasip) s po tri uzorka unutar sastojine češkog dvornika, na rubu sastojine i kontrole izvan sastojine s obzirom na lokaciju i položaj uzorkovanja (simbolom prikazane srednje vrijednosti, vertikalnim crtama standardna greška srednje vrijednosti)

Tablica 6. Tukey post-hoc test za usporedbu pH vrijednosti tla uzorkovanog na tri lokacije (Mladost, Kajzerica i Nasip) s po tri uzorka unutar sastojine češkog dvornika, na rubu sastojine i kontrole izvan sastojine s obzirom na lokaciju i položaj uzorkovanja (crvenom bojom otisnute statistički značajne vrijednosti $p < 0,05$)

lokacija	položaj	MK	MR	MS	KK	KR	KS	NK	NR	NS
mladost	kontrola		0,507278	0,046269	0,023093	0,982408	0,123973	0,080907	0,168269	0,001143
mladost	rub	0,507278		0,862581	0,681198	0,966142	0,987898	0,954931	0,996909	0,072506
mladost	sastojina	0,046269	0,862581		0,999990	0,269775	0,999777	0,999997	0,998223	0,646648
kajzerica	kontrola	0,023093	0,681198	0,999990		0,152177	0,991974	0,999046	0,975226	0,836863
kajzerica	rub	0,982408	0,966142	0,269775	0,152177		0,541709	0,408716	0,646648	0,007953
kajzerica	sastojina	0,123973	0,987898	0,999777	0,991974	0,541709		1,000000	1,000000	0,348879
nasip	kontrola	0,080907	0,954931	0,999997	0,999046	0,408716	1,000000		0,999966	0,473539
nasip	rub	0,168269	0,996909	0,998223	0,975226	0,646648	1,000000	0,999966		0,269775
nasip	sastojina	0,001143	0,072506	0,646648	0,836863	0,007953	0,348879	0,473539	0,269775	

Tablica 7. Tukey post-hoc test za usporedbu količine organske tvari tla uzorkovanog na tri lokacije (Mladost, Kajzerica i Nasip) s po tri uzorka unutar sastojine češkog dvornika, na rubu sastojine i kontrole izvan sastojine s obzirom na lokaciju i položaj uzorkovanja (crvenom bojom otisnute statistički značajne vrijednosti $p < 0,05$)

lokacija	položaj	MK	MR	MS	KK	KR	KS	NK	NR	NS
mladost	kontrola		0,011260	0,021880	0,252104	0,190670	0,087127	0,000260	0,000254	0,000184
mladost	rub	0,011260		0,999994	0,769240	0,853809	0,977140	0,378820	0,358333	0,090392
mladost	sastojina	0,021880	0,999994		0,912613	0,958121	0,998073	0,233384	0,218724	0,048452
kajzerica	kontrola	0,252104	0,769240	0,912613		1,000000	0,999284	0,019818	0,018261	0,003374
kajzerica	rub	0,190670	0,853809	0,958121	1,000000		0,999937	0,028082	0,025896	0,004768
kajzerica	sastojina	0,087127	0,977140	0,998073	0,999284	0,999937		0,066828	0,061855	0,011724
nasip	kontrola	0,000260	0,378820	0,233384	0,019818	0,028082	0,066828		1,000000	0,991968
nasip	rub	0,000254	0,358333	0,218724	0,018261	0,025896	0,061855	1,000000		0,994104
nasip	sastojina	0,000184	0,090392	0,048452	0,003374	0,004768	0,011724	0,991968	0,994104	

Tablica 8. Tukey post-hoc test za usporedbu količine humusa u tlu uzorkovanog na tri lokacije (Mladost, Kajzerica i Nasip) s po tri uzorka unutar sastojine češkog dvornika, na rubu sastojine i kontrole izvan sastojine s obzirom na lokaciju i položaj uzorkovanja (crvenom bojom otisnute statistički značajne vrijednosti $p < 0,05$)

lokalitet	položaj	MK	MR	MS	KK	KR	KS	NK	NR	NS
mladost	kontrola		0,002721	0,222834	0,964358	0,886731	0,832034	0,000309	0,002203	0,000249
mladost	rub	0,002721		0,406104	0,025964	0,045192	0,058063	0,886731	1,000000	0,743679
mladost	sastojina	0,222834	0,406104		0,811420	0,923278	0,956024	0,036578	0,350955	0,020026
kajzerica	kontrola	0,964358	0,025964	0,811420		0,999998	0,999966	0,001580	0,020915	0,000921
kajzerica	rub	0,886731	0,045192	0,923278	0,999998		1,000000	0,002721	0,036578	0,001518
kajzerica	sastojina	0,832034	0,058063	0,956024	0,999966	1,000000		0,003510	0,047130	0,001947
nasip	kontrola	0,000309	0,886731	0,036578	0,001580	0,002721	0,003510		0,923278	0,999997
nasip	rub	0,002203	1,000000	0,350955	0,020915	0,036578	0,047130	0,923278		0,800712
nasip	sastojina	0,000249	0,743679	0,020026	0,000921	0,001518	0,001947	0,999997	0,800712	

3.2. Analiza klijavosti i rasta

ANOVA test pokazao je da postoje statistički značajne razlike između mjerenih karakteristika klijavosti i rasta i među lokacijama i položajima kod bijele gorušice (Tablica 9), dok je kod pšenice statistički značajan rezultat dobiven u svim kategorijama osim za položaj (Tablica 10).

Tablica 9. Rezultati ANOVA analize vrste *Sinapis alba* posađene u tlo uzorkovano na tri lokacije (Mladost, Kajzerica i Nasip) s po tri uzorka unutar sastojine češkog dvornika, na rubu sastojine i kontrole izvan sastojine, gdje su masno otisnute statistički značajne razlike ($p < 0,05$)

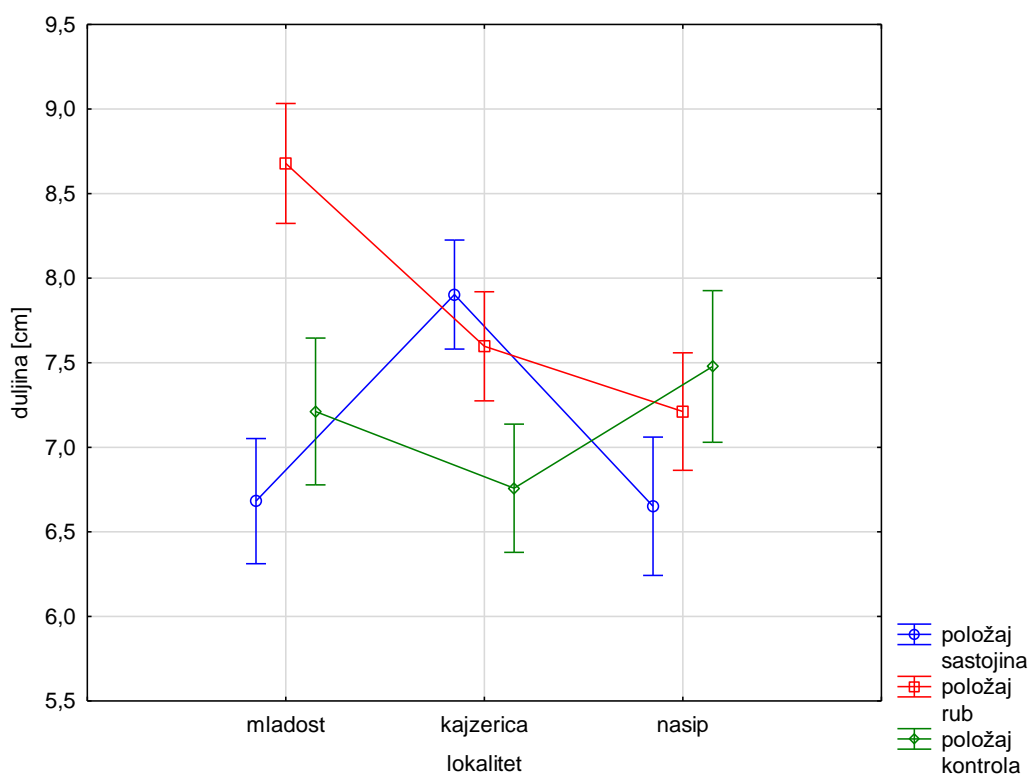
	Ime testa	Vrijednost Wilks testa	F	Stupanj povezanosti	Greška stupnja povezanosti	p
Odsječak	Wilks	0,014364	3207,951	4	187,0000	0,000000
Lokalitet	Wilks	0,744688	7,424	8	374,0000	0,000000
Položaj	Wilks	0,920899	1,966	8	374,0000	0,049580
Lokalitet*položaj	Wilks	0,738477	3,729	16	571,9321	0,000001

Tablica 10. Rezultati ANOVA analize vrste *Triticum aestivum* posađene u tlo uzorkovano na tri lokacije (Mladost, Kajzerica i Nasip) s po tri uzorka unutar sastojine češkog dvornika, na rubu sastojine i kontrole izvan sastojine, gdje su masno otisnute statistički značajne razlike ($p < 0,05$)

	Ime testa	Vrijednost Wilks testa	F	Stupanj povezanosti	Greška stupnja povezanosti	p
Odsječak	Wilks	0,004529	9780,261	4	178,0000	0,000000
Lokalitet	Wilks	0,684373	9,291	8	356,0000	0,000000
Položaj	Wilks	0,928073	1,692	8	356,0000	0,098867
Lokalitet*položaj	Wilks	0,830884	2,127	16	544,4366	0,006465

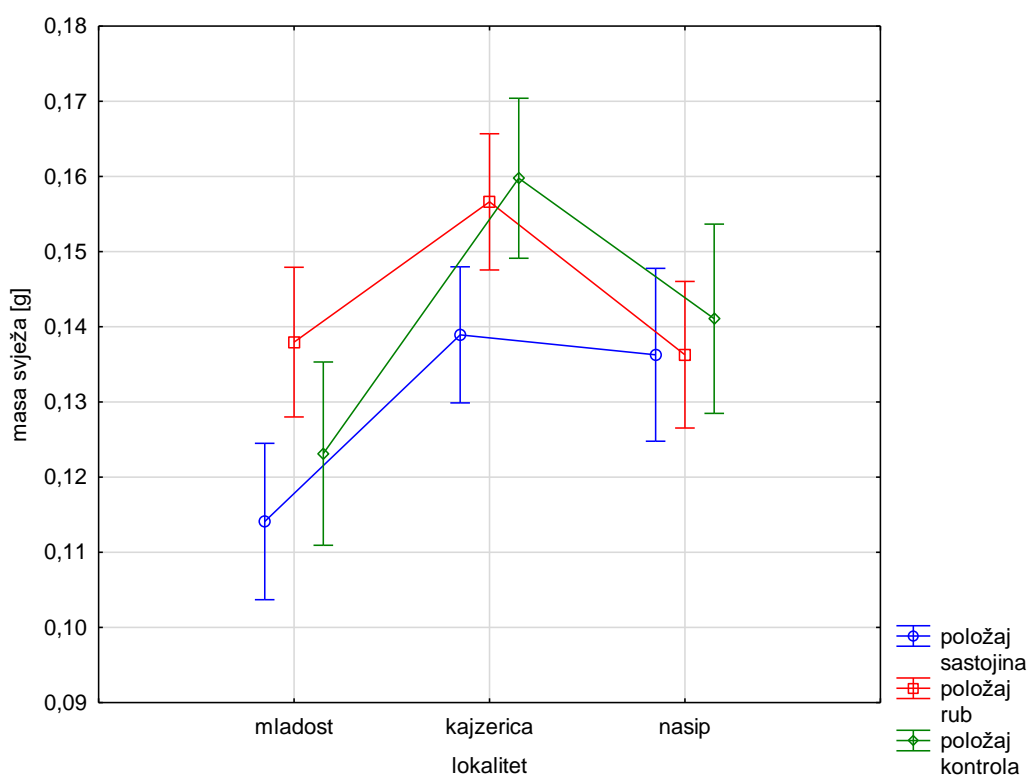
3.2.1. Analiza rasta bijele gorušice

Analizom duljine izdanka bijele gorušice uočeno je da su jedinke bijele gorušice prosječno najvišu duljinu ostvarile u tlu koje je sakupljeno na položaju Rub (Slika 14) gdje se lokacija i položaj Mladost Rub s najvišom prosječnom duljinom od oko 8,6 cm, statistički značajno razlikuju od lokacija i položaja Mladost Sastojina, Kajzerica Kontrola i Nasip Sastojina, gdje su izmjerene vrijednosti najniže u odnosu na ostale lokacije i položaje (Tablica 11). Položaj Sastojina ima skoro pa jednake prosječne vrijednosti na lokacijama Mladost i Nasip gdje su one i najniže izmjerene u odnosu na sve ostale lokacije i položaje dok na lokaciji Kajzerica doseže drugu najvišu prosječnu duljinu. Položaj Kontrola također ima relativno ujednačene prosječne vrijednosti duljine osim na lokaciji Kajzerica gdje je ona nešto niža za razliku od ostale dvije lokacije.



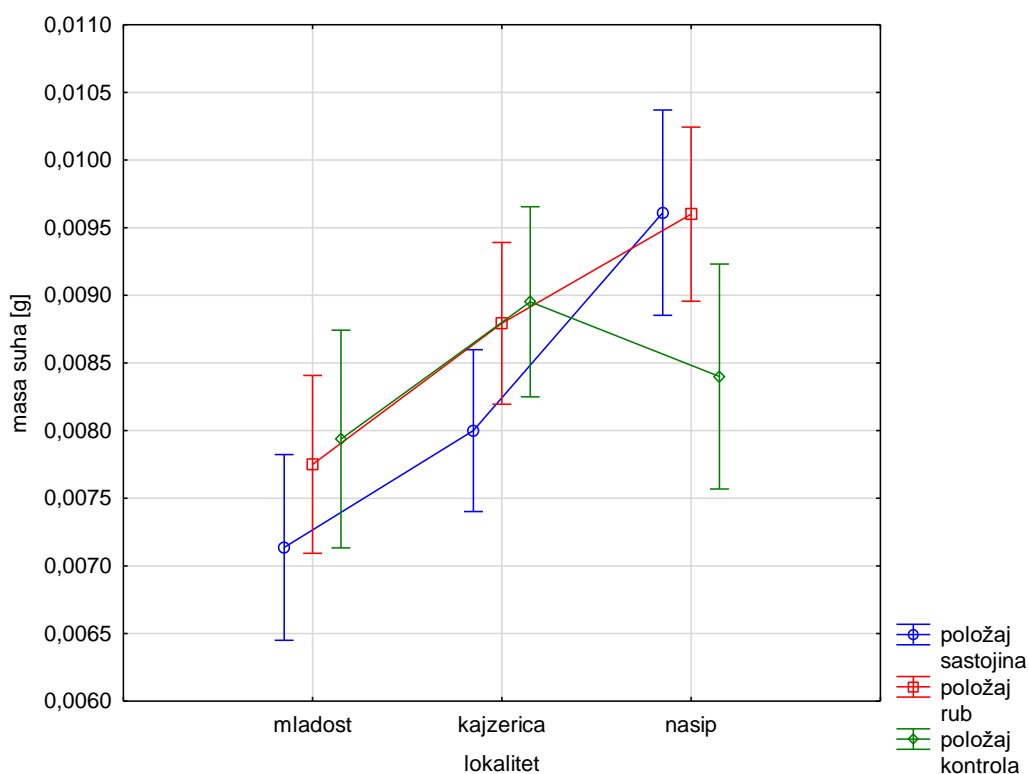
Slika 14. Prosječne vrijednosti duljine izdanka za vrstu *Sinapis alba* posađenu u tlo uzorkovano na tri lokacije (Mladost, Kajzerica i Nasip) s po tri uzorka unutar sastojine češkog dvornika, na rubu sastojine i kontrole izvan sastojine s obzirom na lokaciju i položaj uzorkovanja (simbolom prikazane srednje vrijednosti, vertikalnim crtama standardna greška srednje vrijednosti)

Izmjerene vrijednosti svježe mase bijele gorušice nakon 21 dana isključivanja pokazuju relativno ujednačen trend promjene s obzirom na lokaciju i položaj uzorkovanja. Na Slici 15 možemo uočiti kako su prosječno najviše vrijednosti svježe mase prisutne kod položaja Kontrola gdje je najveća prosječna masa od 0,16 g prisutna kod lokacije i položaja Kajzerica Kontrola dok lokacija Mladost čini izuzetak s najnižom prosječnom masom u odnosu na ostale lokalitete za položaj Kontrola. Vidljivo najniže izmjerene vrijednosti svježe mase uočene su kod položaja Sastojina iako su kod lokacije i položaja Nasip Sastojina prosječne vrijednosti svježe mase gotovo pa jednake s ostalim dvjema lokacijama. Lokacija i položaj Mladost Rub pokazuju najveću vrijednost svježe mase u odnosu na ostale položaje za lokaciju Mladost. Nije pronađena niti jedna statistički značajna razlika između dobivenih vrijednosti svježe mase bijele gorušice i lokacija i položaja uzorkovanja tla (Tablica 12).



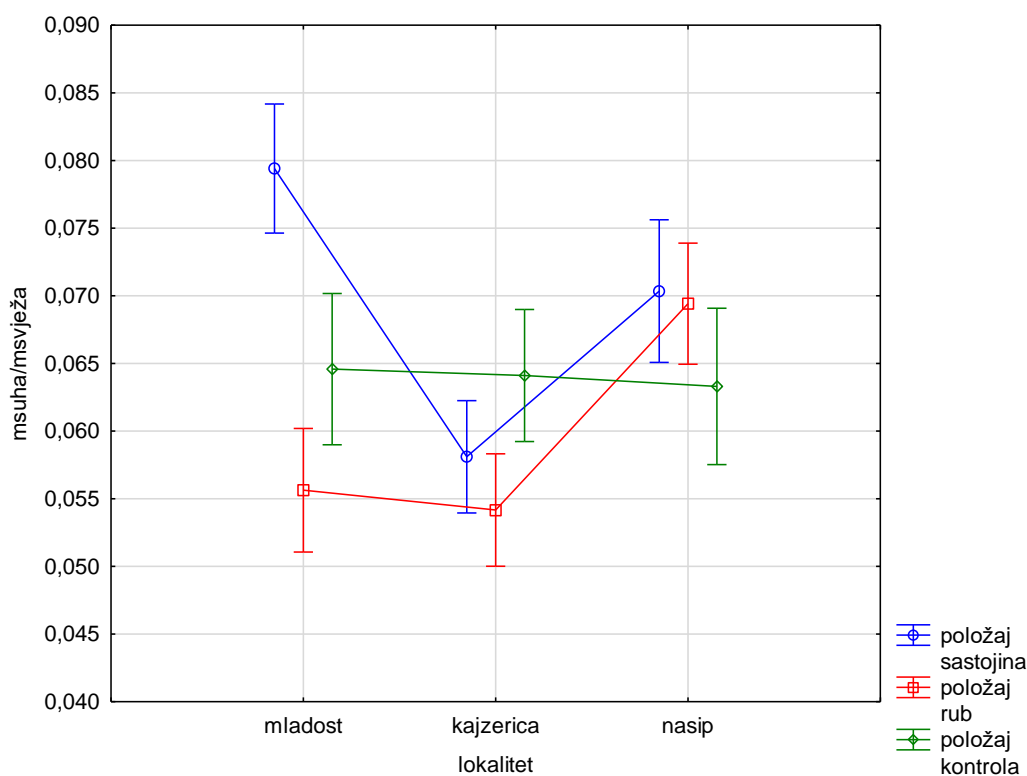
Slika 15. Prosječne vrijednosti svježe mase za vrstu *Sinapis alba* posađene u tlo uzorkovano na tri lokacije (Mladost, Kajzerica i Nasip) s po tri uzorka unutar sastojine češkog dvornika, na rubu sastojine i kontrole izvan sastojine s obzirom na lokaciju i položaj uzorkovanja (simbolom prikazane srednje vrijednosti, vertikalnim crtama standardna greška srednje vrijednosti)

Analizom izmjerenih vrijednosti suhe mase za bijelu gorušicu uočen je gotovo pa ujednačen trend promjene s obzirom na lokaciju i položaj uzorkovanja (Slika 16). Primjetno veća odstupanja pokazuje položaj Sastojina s prosječno najmanje izmjerenim vrijednostima suhe mase osim izuzetka za lokaciju Nasip koja pokazuje čak i najveću izmjerenu vrijednost suhe mase u odnosu na sve druge položaje i lokacije. Položaj Kontrola jednim dijelom prati trend promjene suhe mase s položajem Rub uz nešto malo veću prosječnu suhu masu dok se taj trend naglo prekida kod lokacije Nasip gdje je za Kontrolu izmjerena najniža prosječna vrijednost suhe mase u odnosu na druge položaje za lokaciju Nasip. Nije pronađena niti jedna statistički značajna razlika između dobivenih vrijednosti suhe mase bijele gorušice i lokacija i položaja uzorkovanja tla (Tablica 13).



Slika 16. Prosječne vrijednosti suhe mase za vrstu *Sinapis alba* posađenu u tlo uzorkovano na tri lokacije (Mladost, Kajzerica i Nasip) s po tri uzorka unutar sastojine češkog dvornika, na rubu sastojine i kontrole izvan sastojine s obzirom na lokaciju i položaj uzorkovanja (simbolom prikazane srednje vrijednosti, vertikalnim crtama standardna greška srednje vrijednosti)

Slika 17 prikazuje omjer suhe i svježe mase bijele gorušice gdje se može uočiti kako je za položaj Kontrola on gotovo pa jednak s obzirom na ostale lokacije. Vidljivo je kako lokacija Mladost pokazuje najviše odstupanja u odnosu na položaj pa je tako primjetno najveći prosječni omjer suhe i svježe mase određen na položaju Sastojina (0,079) dok je za položaj Rub on najniži. Također za lokaciju i položaj Mladost Sastojina gdje je zabilježena najveća vrijednost omjera suhe i svježe mase, uočene su tri statistički značajne razlike i tu u odnosu na lokacije i položaje Mladost Rub, Kajzerica Sastojina i Kajzerica Rub, gdje su zabilježene najniže vrijednosti omjera suhe i svježe mase s obzirom na ostale lokacije i položaje (Tablica 14). Lokacija Kajzerica pokazuje više manje ujednačene vrijednosti omjera suhe i svježe mase s primjetno najnižom kod položaja Rub, a najvišom za položaj Kontrola. Lokacija Nasip ima gotovo ujednačene prosječne vrijednosti omjera za položaje Rub i Sastojina od oko 0,070 dok je kod Kontrole vrijednost omjera najniža za tu lokaciju.



Slika 17. Prosječne vrijednosti omjera suhe i svježe mase ($msuha/msvježa$) za vrstu *Sinapis alba* posađenu u tlo uzorkovano na tri lokacije (Mladost, Kajzerica i Nasip) s po tri uzorka unutar sastojine češkog dvornika, na rubu sastojine i kontrole izvan sastojine u odnosu na lokaciju i položaj uzorkovanja (simbolom prikazane srednje vrijednosti, vertikalnim crtama standardna greška srednje vrijednosti)

Tablica 11. Tukey post-hoc test za usporedbu duljine izdanka bijele gorušice posađene u tlo uzorkovano na tri lokacije (Mladost, Kajzerica i Nasip) s po tri uzorka unutar sastojine češkog dvornika, na rubu sastojine i kontrole izvan sastojine s obzirom na lokaciju i položaj uzorkovanja (crvenom bojom otisnute statistički značajne vrijednosti $p < 0,05$)

lokakitet	položaj	MS	MR	MK	KS	KR	KK	NS	NR	NK
mladost	sastojina		0,003149	0,991386	0,237599	0,638348	1,000000	1,000000	0,981612	0,909203
mladost	rub	0,003149		0,179029	0,795024	0,368592	0,006642	0,005665	0,075834	0,472972
mladost	kontrola	0,991386	0,179029		0,937655	0,998633	0,997224	0,990736	1,000000	0,999971
kajzerica	sastojina	0,237599	0,795024	0,937655		0,999117	0,340709	0,282312	0,874018	0,997643
kajzerica	rub	0,638348	0,368592	0,998633	0,999117		0,754894	0,672171	0,996500	1,000000
kajzerica	kontrola	1,000000	0,006642	0,997224	0,340709	0,754894		1,000000	0,993905	0,950707
nasip	sastojina	1,000000	0,005665	0,990736	0,282312	0,672171	1,000000		0,981633	0,911946
nasip	rub	0,981612	0,075834	1,000000	0,874018	0,996500	0,993905	0,981633		0,999938
nasip	kontrola	0,909203	0,472972	0,999971	0,997643	1,000000	0,950707	0,911946	0,999938	

Tablica 12. Tukey post-hoc test za usporedbu svježe mase bijele gorušice posađene u tlo uzorkovano na tri lokacije (Mladost, Kajzerica i Nasip) s po tri uzorka unutar sastojine češkog dvornika, na rubu sastojine i kontrole izvan sastojine s obzirom na lokaciju i položaj uzorkovanja (crvenom bojom otisnute statistički značajne vrijednosti $p < 0,05$)

lokakitet	položaj	MS	MR	MK	KS	KR	KK	NS	NR	NK
mladost	sastojina		0,772015	0,999757	0,681158	0,052566	0,054918	0,885848	0,828250	0,775634
mladost	rub	0,772015		0,990505	1,000000	0,903127	0,857677	1,000000	1,000000	1,000000
mladost	kontrola	0,999757	0,990505		0,981901	0,401724	0,364159	0,997284	0,995552	0,983715
kajzerica	sastojina	0,681158	1,000000	0,981901		0,905135	0,860221	1,000000	1,000000	1,000000
kajzerica	rub	0,052566	0,903127	0,401724	0,905135		1,000000	0,901871	0,842400	0,985733
kajzerica	kontrola	0,054918	0,857677	0,364159	0,860221	1,000000		0,856314	0,790226	0,969137
nasip	sastojina	0,885848	1,000000	0,997284	1,000000	0,901871	0,856314		1,000000	0,999999
nasip	rub	0,828250	1,000000	0,995552	1,000000	0,842400	0,790226	1,000000		0,999998
nasip	kontrola	0,775634	1,000000	0,983715	1,000000	0,985733	0,969137	0,999999	0,999998	

Tablica 13. Tukey post-hoc test za usporedbu suhe mase bijele gorušice posađene u tlo uzorkovano na tri lokacije (Mladost, Kajzerica i Nasip) s po tri uzorka unutar sastojine češkog dvornika, na rubu sastojine i kontrole izvan sastojine s obzirom na lokaciju i položaj uzorkovanja (crvenom bojom otisnute statistički značajne vrijednosti $p < 0,05$)

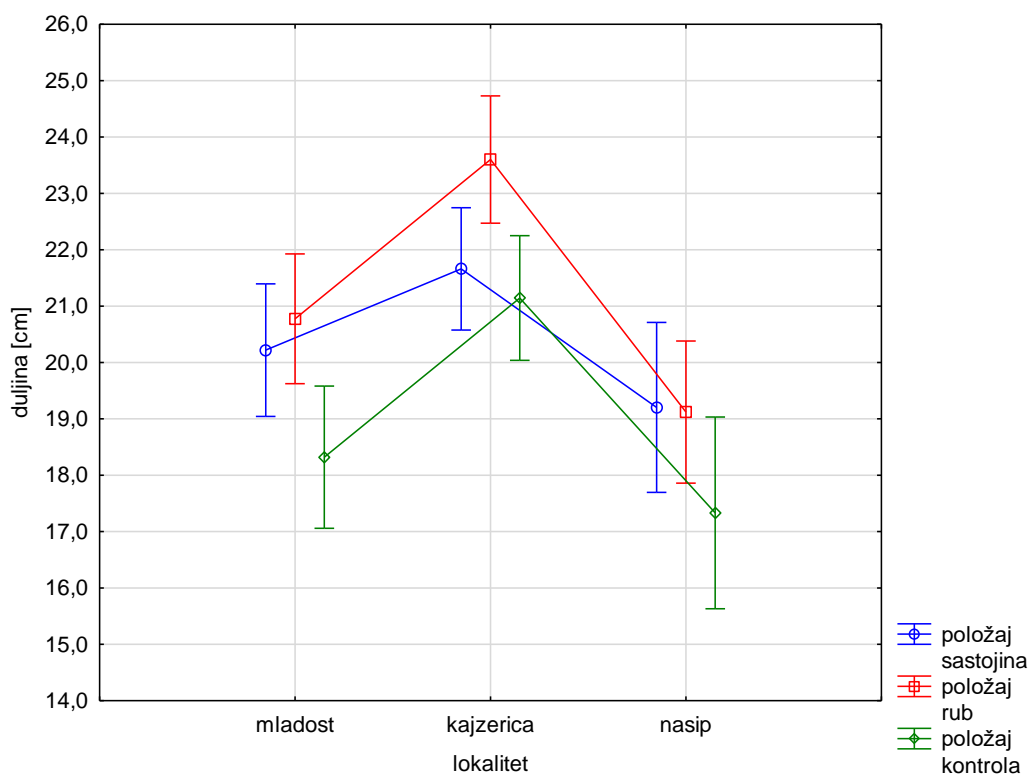
lokakitet	položaj	MS	MR	MK	KS	KR	KK	NS	NR	NK
mladost	sastojina		0,999334	0,997894	0,990083	0,668890	0,649235	0,273646	0,179093	0,962367
mladost	rub	0,999334		1,000000	0,999999	0,961995	0,945270	0,645771	0,535795	0,999544
mladost	kontrola	0,997894	1,000000		1,000000	0,995150	0,990003	0,849949	0,798131	0,999982
kajzerica	sastojina	0,990083	0,999999	1,000000		0,990804	0,982824	0,766473	0,668287	0,999985
kajzerica	rub	0,668890	0,961995	0,995150	0,990804		1,000000	0,995402	0,992019	0,999987
kajzerica	kontrola	0,649235	0,945270	0,990003	0,982824	1,000000		0,999398	0,999034	0,999890
nasip	sastojina	0,273646	0,645771	0,849949	0,766473	0,995402	0,999398		1,000000	0,977690
nasip	rub	0,179093	0,535795	0,798131	0,668287	0,992019	0,999034	1,000000		0,967950
nasip	kontrola	0,962367	0,999544	0,999982	0,999985	0,999987	0,999890	0,977690	0,967950	

Tablica 14. Tukey post-hoc test za usporedbu omjera suhe i svježe mase bijele gorušice posađene u tlo uzorkovano na tri lokacije (Mladost, Kajzerica i Nasip) s po tri uzorka unutar sastojine češkog dvornika, na rubu sastojine i kontrole izvan sastojine s obzirom na lokaciju i položaj uzorkovanja (crvenom bojom otisnute statistički značajne vrijednosti $p < 0,05$)

lokakitet	položaj	MS	MR	MK	KS	KR	KK	NS	NR	NK
mladost	sastojina		0,009641	0,531673	0,021620	0,002165	0,378858	0,939034	0,843138	0,439278
mladost	rub	0,009641		0,947685	0,999982	1,000000	0,940429	0,466310	0,434294	0,981764
mladost	kontrola	0,531673	0,947685		0,991307	0,858329	1,000000	0,998034	0,999077	1,000000
kajzerica	sastojina	0,021620	0,999982	0,991307		0,999129	0,990861	0,666075	0,646062	0,998365
kajzerica	rub	0,002165	1,000000	0,858329	0,999129		0,831093	0,277997	0,232689	0,936238
kajzerica	kontrola	0,378858	0,940429	1,000000	0,990861	0,831093		0,994544	0,996852	1,000000
nasip	sastojina	0,939034	0,466310	0,998034	0,666075	0,277997	0,994544		1,000000	0,992989
nasip	rub	0,843138	0,434294	0,999077	0,646062	0,232689	0,996852	1,000000		0,995751
nasip	kontrola	0,439278	0,981764	1,000000	0,998365	0,936238	1,000000	0,992989	0,995751	

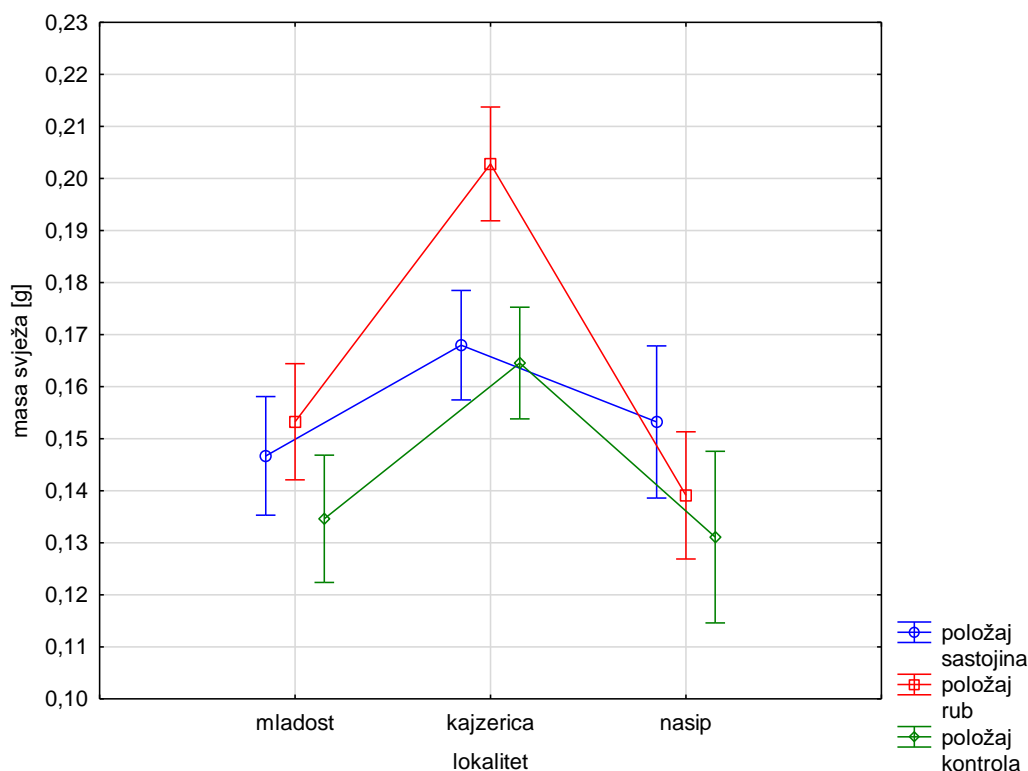
3.2.2. Analiza rasta obične pšenice

Analizom duljine izdanka obične pšenice primjećuje se relativno ujednačen trend promjene s obzirom na lokaciju i položaj uzorkovanja. Najviše prosječne vrijednosti duljine uočavaju se kod položaja Rub s najvišom izmjerenom duljinom za lokaciju i položaj Kajzerica Rub od oko 23,6 cm. Najniže prosječne vrijednosti duljine rasta pokazuje položaj Kontrola s najnižom izmjerenom duljinom za lokaciju i položaj Nasip Kontrola (17,3 cm). Također na Slici 18 može se uočiti da su prosječne duljine izdanka gotovo pa identične za položaje Rub i Sastojina i za lokacije Mladost i Nasip. Pronađena je samo jedna statistički značajna razlika kod lokacije i položaja Kajzerica Rub gdje je zabilježena najviša izmjerena duljina, u odnosu na lokaciju i položaj Mladost Kontrola (Tablica 15).



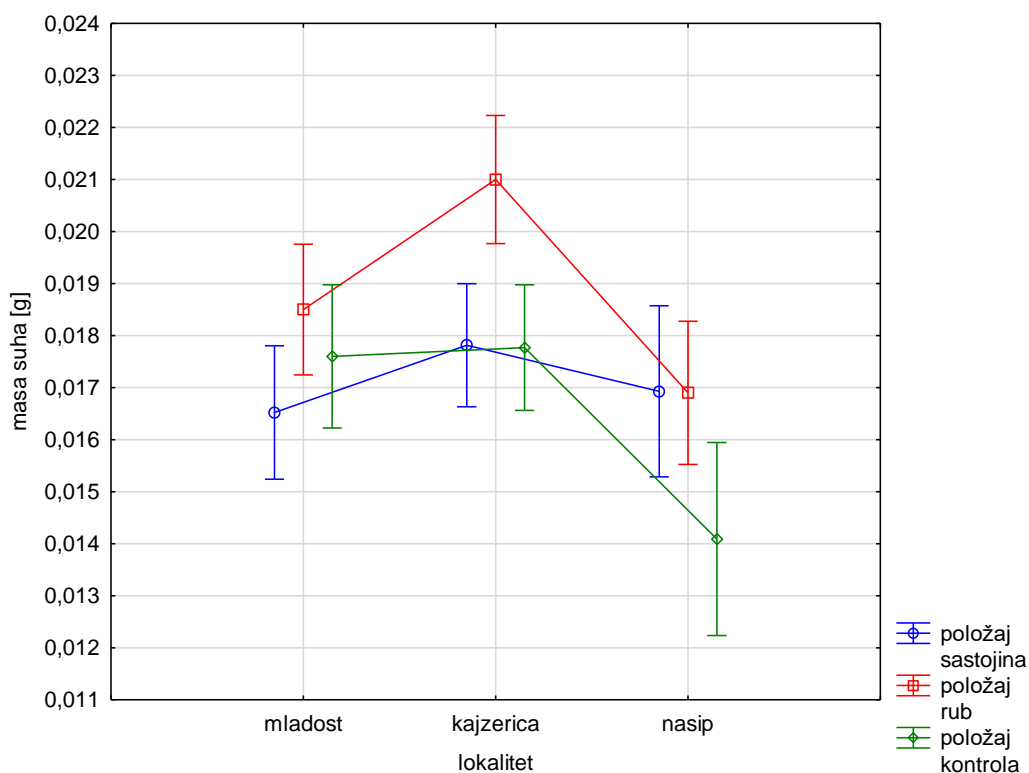
Slika 18. Prosječne vrijednosti duljine izdanka za vrstu *Triticum aestivum* posađenu u tlo uzorkovano na tri lokacije (Mladost, Kajzerica i Nasip) s po tri uzorka unutar sastojine češkog dvornika, na rubu sastojine i kontrole izvan sastojine s obzirom na lokaciju i položaj uzorkovanja (simbolom prikazane srednje vrijednosti, vertikalnim crtama standardna greška srednje vrijednosti)

Na Slici 19 prikazan je odnos svježe mase obične pšenice s obzirom na lokaciju i položaj gdje se može uočiti da su prosječno najveće izmjerene mase zabilježene za položaj Rub uz izuzetak za lokaciju i položaj Nasip Rub koji je nešto niži od izmjerenih vrijednosti za Nasip Sastojina. Lokacija i položaj Kajzerica Rub pokazuje najveću prosječnu izmjerenu svježu masu (nešto više od 0,20 g) u odnosu na sve ostale lokacije i položaje. Ostatak lokacija i položaja prati relativno ujednačen trend promjene svježe mase gdje su primjetno najniže vrijednosti izmjerene za položaj Kontrola s najnižom izmjerenom svježom masom na lokaciji i položaju Nasip Kontrola (oko 0,13 g). Najviše statistički značajnih razlika u odnosu na druge lokacije i položaje uočeno je na lokaciji i položaju Kajzerica Rub koja ima izmjerenu najveću prosječnu vrijednost svježe mase obične pšenice, gdje je zabilježeno 5 statistički značajnih razlika (Tablica 16). Razlike se odnose na lokacije i položaje Mladost Sastojina, Mladost Rub, Mladost Kontrola, Nasip Rub i Nasip Kontrola, gdje su izmjerene najniže vrijednosti svježe mase obične pšenice u odnosu na ostale lokacije i položaje.



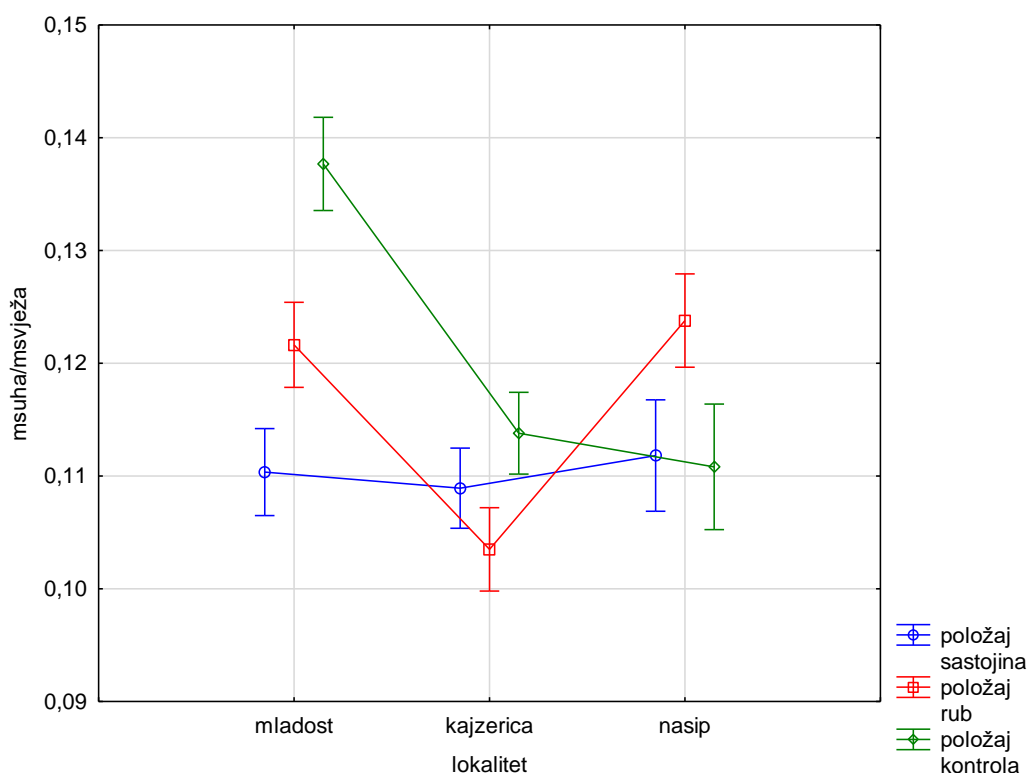
Slika 19. Prosječne vrijednosti svježe mase za vrstu *Triticum aestivum* posađenu u tlo uzorkovano na tri lokacije (Mladost, Kajzerica i Nasip) s po tri uzorka unutar sastojine češkog dvornika, na rubu sastojine i kontrole izvan sastojine s obzirom na lokaciju i položaj uzorkovanja (simbolom prikazane srednje vrijednosti, vertikalnim crtama standardna greška srednje vrijednosti)

Izmjerene vrijednosti za suhu masu obične pšenice pokazuju kako je prosječna masa praktički identična za lokacije i položaje Mladost Kontrola, Kajzerica Sastojina i Kajzerica Kontrola (Slika 20). Ponovno kao i u prethodna dva prikaza primjećujemo kako najviše izmjerene vrijednosti suhe mase pokazuje položaj Rub s prosječno najvećom suhom masom za lokaciju i položaj Kajzerica Rub (0,021 g). Za položaj Sastojina vidljivo je kako su prosječne vrijednosti suhe mase relativno ujednačene s obzirom na lokaciju i položaj. Položaj Kontrola ima gotovo pa identične vrijednosti za lokacije Mladost i Kajzerica uz izuzetak lokacije i položaja Nasip Kontrola koji prikazuje najnižu prosječnu vrijednost suhe mase obične pšenice (0,014 g). Uočena je samo jedna statistički značajna razlika kod lokacije i položaja Kajzerica Rub koji ima zabilježenu najveću prosječnu suhu masu u odnosu na lokaciju i položaj Nasip Kontrola koji ima zabilježenu najnižu prosječnu vrijednost suhe mase obične pšenice (Tablica 17).



Slika 20. Prosječne vrijednosti suhe mase za vrstu *Triticum aestivum* posađene u tlo uzorkovano na tri lokacije (Mladost, Kajzerica i Nasip) s po tri uzorka unutar sastojine češkog dvornika, na rubu sastojine i kontrole izvan sastojine s obzirom na lokaciju i položaj uzorkovanja (simbolom prikazane srednje vrijednosti, vertikalnim crtama standardna greška srednje vrijednosti)

Analizom omjera suhe i svježe mase obične pšenice uočeno je kako položaji Rub i Kontrola prate ujednačen trend promjene s obzirom na lokaciju gdje su vrijednosti za položaj Kontrola vidljivo veće u odnosu na položaj Rub uz izuzetak za lokaciju Nasip gdje je vrijednost za položaj Rub znatno veća u odnosu na Kontrolu (Slika 21). Također, položaj Kontrola prikazuje najveću izmjerenu prosječnu vrijednost omjera suhe i svježe mase na lokaciji Mladost dok je za lokaciju i položaj Kajzerica Rub ona najniža u odnosu na ostale lokacije i položaje. Primjećuje se da su vrijednosti za položaj Sastojina relativno ujednačene na svim trima lokacijama. Na lokaciji i položaju Mladost Kontrola koji ujedno ima i najveću zabilježenu prosječnu vrijednost omjera suhe i svježe mase, uočeno je najviše statistički značajnih razlika, njih šest (Tablica 18). Razlike su uočene kod lokacija i položaja Mladost Sastojina, Kajzerica Sastojina, Kajzerica Rub, Kazerica Kontrola, Nasip Sastojina i Nasip Kontrola, gdje su zabilježene najniže dobivene vrijednosti omjera suhe i svježe mase obične pšenice u odnosu na ostale lokacije i položaje. Lokacija i položaj s najnižim dobivenim prosječnim vrijednostima omjera suhe i svježe mase Kajzerica Rub broji 3 statistički značajne razlike u odnosu na položaje i lokacije Mladost Rub, Mladost Kontrola i Nasip Rub.



Slika 21. Prosječne vrijednosti omjera suhe i svježe mase za vrstu *Triticum aestivum* posadenu u tlo uzorkovano na tri lokacije (Mladost, Kajzerica i Nasip) s po tri uzorka unutar sastojine češkog dvornika, na rubu sastojine i kontrole izvan sastojine s obzirom na lokaciju i položaj uzorkovanja (simbolom prikazane srednje vrijednosti, vertikalnim crtama standardna greška srednje vrijednosti)

Tablica 15. Tukey post-hoc test za usporedbu duljine izdanka obične pšenice posađene u tlo uzorkovano na tri lokacije (Mladost, Kajzerica i Nasip) s po tri uzorka unutar sastojine češkog dvornika, na rubu sastojine i kontrole izvan sastojine s obzirom na lokaciju i položaj uzorkovanja (crvenom bojom otisnute statistički značajne vrijednosti $p < 0,05$)

lokakitet	položaj	MS	MR	MK	KS	KR	KK	NS	NR	NK
mladost	sastojina		0,999995	0,974271	0,992987	0,490480	0,999727	0,999844	0,999399	0,899822
mladost	rub	0,999995		0,883381	0,999771	0,713433	1,000000	0,996030	0,988601	0,761251
mladost	kontrola	0,974271	0,883381		0,538138	0,047268	0,757440	0,999957	0,999957	0,999942
kajzerica	sastojina	0,992987	0,999771	0,538138		0,947859	0,999996	0,924795	0,843432	0,442260
kajzerica	rub	0,490480	0,713433	0,047268	0,947859		0,828842	0,320518	0,167129	0,054704
kajzerica	kontrola	0,999727	1,000000	0,757440	0,999996	0,828842		0,982263	0,955563	0,628943
nasip	sastojina	0,999844	0,996030	0,999957	0,924795	0,320518	0,982263		1,000000	0,996221
nasip	rub	0,999399	0,988601	0,999957	0,843432	0,167129	0,955563	1,000000		0,995486
nasip	kontrola	0,899822	0,761251	0,999942	0,442260	0,054704	0,628943	0,996221	0,995486	

Tablica 16. Tukey post-hoc test za usporedbu svježe mase obične pšenice posađene u tlo uzorkovano na tri lokacije (Mladost, Kajzerica i Nasip) s po tri uzorka unutar sastojine češkog dvornika, na rubu sastojine i kontrole izvan sastojine s obzirom na lokaciju i položaj uzorkovanja (crvenom bojom otisnute statistički značajne vrijednosti $p < 0,05$)

lokalitet	položaj	MS	MR	MK	KS	KR	KK	NS	NR	NK
mladost	sastojina		0,999978	0,998481	0,909023	0,011537	0,968186	0,999993	0,999953	0,997443
mladost	rub	0,999978		0,970396	0,989353	0,040620	0,998392	1,000000	0,995100	0,972509
mladost	kontrola	0,998481	0,970396		0,495572	0,001091	0,654858	0,987987	0,999999	1,000000
kajzerica	sastojina	0,909023	0,989353	0,495572		0,344925	1,000000	0,996352	0,689699	0,624277
kajzerica	rub	0,011537	0,040620	0,001091	0,344925		0,232850	0,141939	0,003323	0,008852
kajzerica	kontrola	0,968186	0,998392	0,654858	1,000000	0,232850		0,999479	0,824474	0,746557
nasip	sastojina	0,999993	1,000000	0,987987	0,996352	0,141939	0,999479		0,998203	0,985633
nasip	rub	0,999953	0,995100	0,999999	0,689699	0,003323	0,824474	0,998203		0,999985
nasip	kontrola	0,997443	0,972509	1,000000	0,624277	0,008852	0,746557	0,985633	0,999985	

Tablica 17. Tukey post-hoc test za usporedbu suhe mase obične pšenice posađene u tlo uzorkovano na tri lokacije (Mladost, Kajzerica i Nasip) s po tri uzorka unutar sastojine češkog dvornika, na rubu sastojine i kontrole izvan sastojine s obzirom na lokaciju i položaj uzorkovanja (crvenom bojom otisnute statistički značajne vrijednosti $p < 0,05$)

lokalitet	položaj	MS	MR	MK	KS	KR	KK	NS	NR	NK
mladost	sastojina		0,974119	0,999725	0,998201	0,222431	0,998694	1,000000	1,000000	0,977449
mladost	rub	0,974119		0,999924	0,999983	0,889737	0,999974	0,997850	0,994925	0,565732
mladost	kontrola	0,999725	0,999924		1,000000	0,653802	1,000000	0,999997	0,999992	0,846775
kajzerica	sastojina	0,998201	0,999983	1,000000		0,637871	1,000000	0,999965	0,999896	0,751610
kajzerica	rub	0,222431	0,889737	0,653802	0,637871		0,631335	0,555668	0,391498	0,049685
kajzerica	kontrola	0,998694	0,999974	1,000000	1,000000	0,631335		0,999978	0,999933	0,769665
nasip	sastojina	1,000000	0,997850	0,999997	0,999965	0,555668	0,999978		1,000000	0,967335
nasip	rub	1,000000	0,994925	0,999992	0,999896	0,391498	0,999933	1,000000		0,953187
nasip	kontrola	0,977449	0,565732	0,846775	0,751610	0,049685	0,769665	0,967335	0,953187	

Tablica 18. Tukey post-hoc test za usporedbu omjera suhe i svježe mase obične pšenice posađene u tlo uzorkovano na tri lokacije (Mladost, Kajzerica i Nasip) s po tri uzorka unutar sastojine češkog dvornika, na rubu sastojine i kontrole izvan sastojine s obzirom na lokaciju i položaj uzorkovanja (crvenom bojom otisnute statistički značajne vrijednosti $p < 0,05$)

lokalitet	položaj	MS	MR	MK	KS	KR	KK	NS	NR	NK
mladost	sastojina		0,479046	0,000055	0,999999	0,936420	0,999292	1,000000	0,296064	1,000000
mladost	rub	0,479046		0,096644	0,255787	0,017356	0,857134	0,816079	0,999987	0,801161
mladost	kontrola	0,000055	0,096644		0,000014	0,000010	0,000497	0,001948	0,296911	0,003465
kajzerica	sastojina	0,999999	0,255787	0,000014		0,980133	0,989216	0,999933	0,138121	0,999999
kajzerica	rub	0,936420	0,017356	0,000010	0,980133		0,550948	0,916904	0,007778	0,975245
kajzerica	kontrola	0,999292	0,857134	0,000497	0,989216	0,550948		0,999997	0,670428	0,999957
nasip	sastojina	1,000000	0,816079	0,001948	0,999933	0,916904	0,999997		0,641780	1,000000
nasip	rub	0,296064	0,999987	0,296911	0,138121	0,007778	0,670428	0,641780		0,634613
nasip	kontrola	1,000000	0,801161	0,003465	0,999999	0,975245	0,999957	1,000000	0,634613	

4. RASPRAVA

Dobiveni rezultati nisu potvrdili polaznu hipotezu da će tlo koje je bilo pod utjecajem češkog dvornika pokazivati značajne promjene kemijskih značajki tla. Vrijednosti dobivene pH analizom pokazale su se vrlo ujednačenima na svim trima lokacijama i položajima uzorkovanja u rasponu od 7,60 – 8,05. Usporedbom dobivenih vrijednosti možemo zaključiti da su uzorkovana tla umjereno alkalična (Tablica 1). Rezultati mjerenja pH vrijednosti u istraživanju utjecaja roditeljske vrste, japanskog dvornika, koje su proveli Dassonville i sur. (2007) pokazala su nešto niže vrijednosti u odnosu na ovo istraživanje, što daje naslutiti da tlo koje je pod pritiskom invazije ima umjereno kiselu okolinu. Suprotno tom istraživanju, pH vrijednosti koje su dobili Maurel i sur. (2010) pokazale su blago alkalnu reakciju, kao i u ovom istraživanju. Ni jedno od ovih istraživanja nije potvrdilo postojanje statistički značajne razlike u promjeni pH vrijednosti na tlima pod utjecajem invazije pa se na temelju toga može zaključiti da sama prisutnost dvornika ne utječe na promjenu pH vrijednosti već da su za pojedina odstupanja u rezultatima zaslužni neki drugi okolišni parametri.

Analiza količine organske tvari daje nam u uvid kako lokacija Nasip ima najviše statistički značajnih razlika u odnosu na ostale lokacije (Tablica 7). Vrijednosti na ovoj lokaciji vidno su manje (3,85 % – 5,26 %) u odnosu na ostale dvije lokacije koje pokazuju znatno više količine organske tvari u tlu (6,39 % - 14,31 %). Razlog tome može biti priroda lokacije uzorkovanja koja se nalazi u poplavnom području rijeke Save, a samo se par tjedana prije uzorkovanja Sava izlila iz svojeg korita što je dodatno moglo utjecati na sastav tla. Na lokaciji i položaju Mladost Kontrola zabilježene su najveće količine organske tvari (11,25 % i 14,31 %) što ovaj položaj svrstava u kategoriju tla s jako puno organske tvari. Ovdje je bitno napomenuti da se ova lokacija nalazila uz šumsku vegetaciju pa su tako i uzorci za kontrolu sakupljeni unutar šumskog područja čime bi se onda objasnila povećana količina organske tvari. Što se tiče samog utjecaja češkog dvornika na količinu organske tvari u tlu, ona je na temelju dobivenih rezultata zanemariva. Općenito govoreći, prema dobivenim rezultatima količine organske tvari u tlu na kojem se prethodno nalazio češki dvornik, svrstalo bi se u tla s puno organske tvari, izuzev za lokaciju Nasip. Maurel i sur. (2010) u svojem su istraživanju došli do zaključka kako prisutnost japanskog dvornika ima jak utjecaj na organsku tvar u tlu što se može objasniti golemom nadzemnom i podzemnom biomasom. Prema Maerz i sur. (2005) i Dassonville (2008) roditeljska *R. japonica* stvara obilan biljni otpad koji se polako raspada stvarajući tako debele akumulacije u tlu. Ehrenfeld (2003) navodi kako invazivne

biljke mogu povećati produkciju nutrijenata u području koje su okupirale što im zapravo pomaže u daljnjoj invaziji osiguravajući si tako dovoljno hranjivih tvari. Kako je humus usko vezan uz pojam organske tvari tako i dobivene vrijednosti za količinu humusa u tlu prate relativno jednak trend promjene po lokacijama i položajima kao i organska tvar. Također, primjećuje se kako su najmanje količine humusa dobivene na lokaciji Nasip s prosječnom vrijednosti od 4,60 % što ih svrstava u dosta humozna tla dok je na lokalitetu Mladost prosječna vrijednost 6,99 %, a na Kajzerici 7,81 % što ih svrstava u kategoriju jako humoznih tla. Razlozi ovakvoj razlici vjerojatno leže u istim uzrocima koje sam navela kod količine organske tvari. Također, uspoređujući sve vrijednosti za količinu humusa ne može se zaključiti da je prisustvo češkog dvornika utjecalo na statistički značajne razlike u dobivenim vrijednostima.

Analiza klijavosti i rasta obične pšenice i gorušice nije dala statistički značajne rezultate s obzirom na porijeklo tla u kojem su bile posađene. Od ukupno 540 posađenih sjemenki njih 389 proklijalo je i razvilo se u biljku što je oko 72,03 % uspješnosti klijanja i rasta. Također treba napomenuti kako je testiranje klijavosti testnih biljaka pokazalo 95 % uspješnosti čime se dokazalo da su sjemenke bile zdrave i pogodne za provođenje ovog eksperimenta. Prilikom mjerenja svježe mase vizualno sam mogla vidjeti kako su se pojedine biljke razvile u određenom tlu te sam zaključila da niti jedna posudica koja je sadržavala zemlju koja je prethodno bila pod utjecajem sastojine češkog dvornika nije značajno utjecala na klijavost i rast sjemenki. Bez obzira na to je li se radilo o kontroli, rubu ili sastojini nije se mogao uočiti neki jednoznačan uzorak razlike u rastu s obzirom na porijeklo tla. Ono što se vrlo lako moglo uočiti bio je smanjen postotak klijavosti i rasta u posudicama koje su se nalazile uz zid u klimakomori. Ovakav neobičan rezultat daje naslutiti da posljedica smanjene klijavosti nije bila uzrokovana porijeklom zemlje s obzirom na to da se u svim posudicama koje su se nalazile uza zid pojavio ovakav trend inhibicije klijanja. Može se reći da je blizina zida stvorila svojevrsnu mikroklimu za te posudice te da je vrlo vjerojatno temperatura bila niža, što je dovelo do smanjenja klijanja što dovodi do zaključka da bi sveukupni postotak klijavosti bio još viši. Općenito, osvrćući se na sve mjerene parametre (svježa masa, suha masa, omjer suhe i svježe mase i duljina) nema naznaka da češki dvornik utječe na rast i klijavost biljaka. Do istog zaključka došli su Mincheva i sur. (2016) koji su istraživali rast domaćih vrsta *Lolium perenne* L. (lulj) i *Trifolium repens* L. (puzava djetelina) u tlu koje je prethodno bilo pod invazijom japanskog dvornika. Shodno njihovom zaključku Parepa i sur. (2012) također tvrde da biljni dijelovi i tlo pod utjecajem češkog dvornika nemaju negativne učinke na klijanje, biomasu i raznolikost autohtonih vrsta. Suprotno od ovih tvrdnji Murrell i

sur. (2011) navode snažan alelopatski učinak češkog dvornika na autohtonu zajednicu kao i još nekoliko radova koji se bave ovom tematikom (Vrchotová i Šerá 2008, Moravcová i sur. 2011). Većina ovih istraživanja bavila se utjecajem biljnih ekstrakata dvornika iz listova ili rizoma što ja nisam provela u ovom radu. Također, pojedina istraživanja pokazala su da se pojedini alelopatski spojevi u tlu razgrađuju, što može umanjiti njihovo alelopatsko djelovanje u odnosu na alelopatski potencijal (Kaur i sur. 2009), ali i da pojedine alelokemikalije koje dvornici ispuste u tlo ne opstaju dugo ili se ispiru u dublje slojeve (Moravcová i sur. 2011). Sukladno tome Mincheva i sur. (2016) tvrde kako tlo koje je nekada bilo pod utjecajem japanskog dvornika nakon određenog vremena izgubi alelopatska svojstva koja je dvornik mogao potencijalno prenijeti te nadalje navode kako bi se zbog toga tlo moglo relativno lako oporaviti jednom kada se ukloni kompletna biomasa dvornika.

Kao što sam već u uvodu spomenula, češki dvornik biljka je koja stvara izrazito guste monokulture i opsežan sustav rizoma gdje su domaće biljne vrste gotovo u potpunosti potisnute (Bímová i sur. 2004) što daje naslutiti da je kompeticija jedan od glavnih mehanizama uspješne invazivnosti ove vrste. S obzirom na dobivene rezultate može se zaključiti da je to istina, ali isto tako s obzirom na ostala istraživanja koja su potvrdila jak alelopatski učinak također smatram da je to samo jedna od komponenti koja dodatno pomaže širenju češkog dvornika. Bitno je naglasiti da su istraživanja alelopatije vrlo raznolika i da se dobiveni zaključci ne mogu strogo uzeti kao mjerodavni jer se uvjeti u prirodi prilično razlikuju od uvjeta u laboratoriju gdje je većina istraživanja alelopatskog djelovanja provedena. Nadalje, problem predstavljaju i testne vrste koje se koriste u eksperimentima jer je većina njih iz poljoprivredne kulture ili se radi o alohtonim korovnim vrstama umjesto autohtonih koje su u prirodnom staništu potisnute invazivnim vrstama (Hierro i Callaway 2003). Kako bi dobiveni rezultati u alelopatskim istraživanjima bili što reprezentativniji potrebno je provesti više ispitivanja na samom terenu ili kreirati što sličnije uvjete onima u prirodnom okruženju kao što je provjera potencijalnog alelopatskog djelovanja invazivnih biljaka na autohtone vrste.

5. ZAKLJUČAK

Analizom kemijskih značajki tla koje su uključivale pH vrijednost, količinu organske tvari i količinu humusa, nije ustanovljena značajna promjena u tlu koje je prethodno bilo pod invazijom češkog dvornika.

Analizom klijanja i rasta obične pšenice i bijele gorušice nije primijećen inhibicijski učinak na one uzorke koji su bili posađeni u tlo sastojine češkog dvornika.

Mjereni parametri duljina izdanka, svježa masa, suha masa i omjer suhe i svježe mase također nisu dali značajne rezultate koji bi upućivali na inhibicijski učinak tla s povijesti prisustva češkog dvornika.

Čini se da je kompeticija najvažniji mehanizam zaslužan za izrazito uspješno širenje vrste *Reynoutria × bohemica*, koju ostvaruje svojim brzim rastom i gustim sklopom zasjenjujući ostale vrste, iako može biti potpomognuta potencijalnim alelopatskim djelovanjem.

Potrebno je napraviti više istraživanja koja će se provesti na terenu i koja će kao testne biljke koristiti autohtone vrste koje su prvotno i potisnute od strane češkog dvornika.

6. LITERATURA

Anonymous (2015): Ekologija bilja – praktikum. Interna skripta. Prirodoslovno-matematički fakultet.

Bailey J., Wisskirchen R. (2006): The distribution and origins of *Fallopia x bohemica* (*Polygonaceae*) in Europe. *Nordic Journal of Botany* 24: 173-199.

Bailey J.P., Conolly A.P. (2000): Prize-winners to pariahs – A history of Japanese Knotweed *s.l.* (*Polygonaceae*) in British Isles. *Watsonia* 23: 93-110.

Bímová K.M., Bohumil, Kasparová I. (2004): How does *Reynoutria* invasion fit the various theories of invisibility?. *Journal of Vegetation Science* 15: 495-504.

Boršić I., Milović M., Dujmović I., Bogdanović S., Cigić P., Rešetnik I., Nikolić T., Mitić B. (2008): Preliminary check-list of invasive alien plant species (IAS) in Croatia. *Natura Croatica* 17(2): 55-71.

Brabec J., Pyšek P. (2000): Establishment and survival of three invasive taxa of the genus *Reynoutria* (*Polygonaceae*) in mesic mown meadows: A field experimental study. *Folia Geobotanica* 35: 27-42.

Callaway R.M., Ridenour W.M. (2004): Novel Weapons: Invasive success and the evolution of increased competitive ability. *Frontiers in Ecology and the Environment* 2(8): 436-443.

Chrtěk J., Chrtková A. (1983): *Reynoutria × bohemica*, nový krizenec z celedi Rdesnovitých. *Casopis Narodního Muzea*: 152-120.

DAISIE – Delivering Alien Invasive Species Inventories for Europe: 100 of The Worst <http://www.europe-aliens.org/speciesTheWorst.do> (datum pristupa: 5.12.2018.)

Dassonville N. (2008): Impact des plantes exotiques envahissantes sur le fonctionnement des écosystèmes en Belgique. Thesis, Université Libre de Bruxelles, Bruxelles.

Dassonville N., Vanderhoeven S., Gruber W., Meerts P. (2007): Invasion by *Fallopia japonica* increases topsoil mineral nutrient concentrations. *Ecoscience* 14: 230-240.

Davies B.E. (1974): Loss-on-ignition as an estimate of soil matter. *Soil Science of America. Proceedings*, 38:150-151.

Dobrović I., Boršić I., Milović M., Bogdanović S., Cigić P., Rešetnik I., Nikolić T., Mitić B. (2006): Invasive alien species in Croatia – preliminary report. U: Besendorfer, V., Klobučar, G.I.V. (ur.) *Zbornik sažetaka 9. hrvatskog biološkog kongresa. Hrvatsko biološko društvo 1885, Zagreb.*

Ehrenfeld J.G. (2003): Effects of exotic plant invasions on soil nutrient cycling processes. *Ecosystems* 6(6): 503-523.

Flora Croatica Database: <https://hirc.botanic.hr/fcd/> (datum pristupa: 28.1.2018.)

Gerber E., Krebs C., Murrell C., Moretti M., Rocklin R., Schaffner U. (2008): Exotic invasive knotweeds (*Fallopia spp.*) negatively affect native plant and invertebrate assemblages in European riparian habitats. *Biological Conservation* 141: 646-654.

Gračanin M., Ilijanić Lj. (1977): *Uvod u ekologiju bilja. Školska knjiga. Zagreb.*

Hejda M., Pyšek P., Jarošik V. (2009): Impact on invasive plants on the species richness. Diversity and composition of invaded communities. *Journal of Ecology* 97: 393–403.

Hierro J.L., Callaway R.M. (2003): Allelopathy and exotic plant invasion. *Plant and Soil* 256: 29-39.

Inderjit, Callaway R.M. (2003): Experimental designs for the study of allelopathy. *Plant and Soil* 256: 1-11.

Ilijanić Lj. (1973): *Upute za praktikum uz kolegij Fitocenologija s ekologijom bilja. Zagreb.*

Kappes H., Lay R., Topp W. (2007): Changes in different trophic levels of litter-dwelling macrofauna associated with giant knotweed invasion. *Ecosystems* 10: 734-744.

Kaur H., Kaur R., Kaur S., Baldwin I.T., Inderjit. (2009): Taking ecological function seriously: soil microbial communities can obviate allelopathic effects of released metabolites. *PLoS ONE* 4: e4700.

Keller R.P., Geist J., Jesche J.M., Kühn I. (2011): Invasive species in Europe: ecology, status and policy. *Environmental Sciences Europe* 23: 1-17.

Kettunen M., Genovesi P., Gollasch S., Pagad S., Starfinger U., Ten Brink P., Shine C. (2008): Technical support to EU strategy on invasive species (IS)-assessment of the impacts of IS in Europe and the EU (Final module report for the European Commission). Insitute for European Environmental Policy (IEEP), Bruxelles str. 131.

Lonsdale W.M. (1999): Global patterns of plant invasions and the concept of invisibility. *Ecology* 80(5): 1522-1536.

Mack R.N., Simberloff D., Lonsdale W.M., Evans H., Clout M., Bazzaz F.A. (2000): Biotic invasions: Gauses, epidemiology, global consequences and control. *Ecological Applications* 10: 689-710.

Maerz J.C., Blossey B., Nuzzo V. (2005): Green frogs show reduced foraging success in habitats invaded by Japenese knotweed. *Biodiversity and Conservation* 14: 2901-2911.

Mandák B., Pyšek P., Bímová K. (2004): History of the invasion and distribution of *Reynoutria taxa* in Czech Republic: a hybrid spreading faster than its parents. *Preslia, Praha*, 76: 15-64.

Maurel N., Salmon S., Ponge J.F., Machon N. (2010): Does the invasive *Reynoutria japonica* have an impact on soil and flora in urban wastelands?. *Biological Invasions* 12(6): 1709-1719.

Mincheva T., Barni E., Siniscalco C. (2016): From plant traits to invasion success: Impacts of the alien *Fallopia japonica* (Houtt.) Ronse Decraene on two native grassland species. *Plant Biosystems* 150(6): 1-10.

Mitić B., Boršić I., Dujmović I., Bogdanović S., Milović M., Cigić P., Rešetnik I., Nikolić T. (2008): Alien flora of Croatia: proposals for standards in terminology, criteria and related database. *Natura Croatica* 17(2): 73-90.

Moravcová L., Pyšek P., Jarošík V., Havlíčková V., Zákavský P. (2010): Reproductive characteristics of neophytes in the Czech Republic: traits of invasive and non-invasive species. *Preslia* 82: 365-390.

Moravcová L., Pyšek P., Jarošík V., Zákavský P. (2011): Potential phytotoxic and shading effects of invasive *Fallopia* (Polygonaceae) taxa on the germination of dominant native species. *NeoBiota* 9: 31-47.

Murrell C., Gerber E., Krebs C., Parepa M., Schanffner U., Bossdorf O. (2011): Invasive knotweed affects native plants through allelopathy. *American Journal of Botany* 98: 38-43.

Nikolić T., Mitić B., Boršić I. (2014): *Flora Hrvatske invazivne biljke*, Alfa d.d., Zagreb

Nikolić T., Mitić B., Milašinović B., Jelaska S.D. (2013): Invasive alien plants in Croatia as a threat to biodiversity of South-Eastern Europe: Distributional patterns and range size. *Comptes Rendus Biologies* 336: 109-121.

NRM Laboratories. Routine estimation of the Organic Matter content of soils by Loss on Ignition: www.nrm.uk.com

Parepa M., Schaffner U., Bossdorf O. (2012): Sources and modes of action invasive knotweed allelopathy: The effects of leaf litter and trained soil on the germination and growth of native plants. *NeoBiota* 13: 15-30.

Pruša M., Majić B., Nikolić T. (2013): Invazivna flora Siska (Hrvatska). Glasnik Hrvatskog botaničkog društva 1(3).

Pyšek P., Chytrý M., Jarošík V. (2010): Habitats and land-use as determinants of plant invasions in the temperate zone of Europe. U: Perrings, C., Mooney, H., Williamson, M. (ur.) Bioinvasions and globalisation. Ecology, economics, management and policy. Oxford University Press, New York.

Rand T.A. (2000): Seed dispersal, habitat suitability and the distribution of halophytes across a salt marsh tidal gradient. Journal of Ecology 88: 608-621.

Rice E.L. (1984): Allelopathy. Second Edition. Academic Press, Orlando.

Richardson D. M., Pyšek P., Rejmanek M., Barbour M.G., Panetta F. D., West C.J. (2000): Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. Diversity and Distributions 6: 93-107.

Scalera R., Genovesi P., Essl F., Rabitsch W. (2012): The impacts of alien species in Europe. EAA Technical Report. European Environment Agency, Luxembourg.

Shaw R. H., Seiger L. A. (2002): Japanese knotweeds. Biological control of invasive plants in the eastern United States, 159-166. USDA, Forest Health Technology Enterprise Team, Morgantown, West Virginia, USA.

Siemens T.J., Blossey B. (2007): An evaluation of mechanisms growth and survival of two native species in invasive Bohemian knotweed (*Fallopia x bohemica*, *Polygonaceae*). American Journal of Botany 94: 776-783.

Tiébré M.S., Vanderhoeven S., Saad L., Mahy G. (2008): Landscape dynamics and habitat selection by the alien invasive *Fallopia* (*Polygonaceae*) in Belgium. Biodiversity and Conservation 17: 2357-2370.

Uredba (EU, 1143/2014) o sprječavanju i upravljanju unošenja i širenja invazivnih stranih vrsta: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/hr/TXT/?uri=CELEX:32014R1143>

Urgenson L.S., Reichard S.H., Halpern C.B. (2009): Community and ecosystem consequences of giant knotweed (*Polygonum sachalinense*) invasion into riparian forests of western Washington, USA. *Biological Conservation* 142: 1536-1541.

Vrchotová N., Šerá B. (2008): Allelopathic properties of knotweeds rhizome extracts. *Plant, Soil and Environment* 54: 301-303.

Vuković N., Bernardić A., Nikolić T., Hršak V., Plazibat M., Jelaska S.D. (2010): Analysis and distributional patterns of the invasive flora in a protected mountain area-a case study of Medvednica Nature Park (Croatia). *Acta Societatis Botanicorum Poloniae* 79 (4).

Vuković N., Šegota V., Alegro A., Koletić N. (2016): Flying under the radar – invasive *Reynoutria × bohemica* Chrtek et Chrtkova (Polygonaceae) in Croatia. Book of abstracts of the 5th Croatian Botanical Symposium with international participation 50-51.

Zakon o sprječavanju unošenja i širenja stranih te invazivnih stranih vrsta i upravljanju njima NN 15/18. https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2018_02_15_310.html

Zakon o zaštiti prirode NN 80/13. https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013_06_1658.html

ŽIVOTOPIS

Rođena sam 22.11.1993. u Zagrebu. Osnovnu školu Frana Galovića završila sam 2008. godine. Iste godine upisala sam V. gimnaziju u Zagrebu koju sam završila 2012. godine, kada sam i upisla Preddiplomski studij Znanosti o okolišu na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu, sveučilišta u Zagrebu. Zvanje prvostupnika struke Znanosti o okolišu (univ. bacc. oecol.) stekla sam 2016. godine. Iste sam godine upisala diplomski studij Znanosti o okolišu. Član sam i voditelj Sekcije za botaniku Udruge studenata biologije BIUS s kojom sam sudjelovala na nekoliko velikih terena unazad par godina. Član sam Hrvatskog planinarskog saveza. U slobodno vrijeme volim što više vremena provoditi u prirodi, fotografirati, ići na pub kvizove i koncerte. Aktivno se služim engleskim jezikom i pasivno njemačkim.