

Mogućnost primjene izmeta šturka (*Gryllus assimilis* Fab.) kao poboljšivača/gnojiva u uzgoju salate

Jantol, Alina

Master's thesis / Diplomski rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:204:919093>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-07-18**



Repository / Repozitorij:

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

**Mogućnost primjene izmeta šturka (*Gryllus assimilis*
Fab.) kao poboljšivača/gnojiva u uzgoju salate**

DIPLOMSKI RAD

Alina Jantol

Zagreb, studeni, 2021.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

Diplomski studij:
Ekološka poljoprivreda i agroturizam

**Mogućnost primjene izmeta šturka (*Gryllus assimilis*
Fab.) kao poboljšivača/gnojiva u uzgoju salate**

DIPLOMSKI RAD

Alina Jantol

Mentor:
Izv. prof. dr. sc. Željka Zgorelec

Zagreb, studeni, 2021.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

IZJAVA STUDENTA
O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Alina Jantol**, JMBAG 0130257033, rođena 24.09.1991. u Zagrebu, izjavljujem da sam samostalno izradila diplomski rad pod naslovom:

Mogućnost primjene izmeta šturka (*Gryllus assimilis* Fab.) kao poboljšivača/gnojiva u uzgoju salate

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedina autorica ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani, te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznata s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana _____

Potpis studentice

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET

IZVJEŠĆE

O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studentice **Aline Jantol**, JMBAG 0130257033, naslova

Mogućnost primjene izmeta šturka (*Gryllus assimilis* Fab.) kao poboljšivača/gnojiva u uzgoju salate

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____, dana _____.

Povjerenstvo:

potpisi:

- | | | | |
|----|-------------------------------------|-----------|-------|
| 1. | izv. prof. dr. sc. Željka Zgorelec | mentorica | _____ |
| 2. | prof. dr. sc. Tomislav Mašek | komentor | _____ |
| 3. | izv. prof. dr. sc. Sanja Fabek Uher | članica | _____ |
| 4. | izv. prof. dr. sc. Marko Petek | član | _____ |

Zahvala

Zahvaljujem svima koji su mi pomogli u ovom istraživanju. Posebno želim zahvaliti Ivi Hrelji koja mi je pomogla sa svim analizama napravljenim u Laboratoriju Zavoda za opću proizvodnju bilja. Također želim zahvaliti i prof. Aleksandri Perčin na analizama i vremenu koje mi je poklonila kako bi se ovaj rad ostvario.

Posebno želim zahvaliti svojoj mentorici prof. Željki Zgorelec na iskazanom strpljenju i pomoći pri ostvarivanju ovog rada.

Također želim zahvaliti Aleksandru Gavriloviću na njegovom doprinosu i općenito radu koji ostvaruje na području industrije insekata u Hrvatskoj i prof. Fabek Uher u savjetovanju na povrćarskom dijelu ovog istraživanja.

Sadržaj

| | |
|--|----|
| 1. Uvod..... | 1 |
| 2. Pregled literature | 2 |
| 2.1. Uloga insekata u kruženju hraniva u ekosustavima..... | 2 |
| 2.2. Industrija Insekata | 4 |
| 2.3. Šturak (<i>Gryllus assimilis</i> Fab.)..... | 7 |
| 2.4. Uzgoj šturka | 7 |
| 2.5. Šturkov izmet kao poboljšivač tla ili gnojivo | 9 |
| 2.6. Uzgoj, ishrana i kvaliteta salate..... | 11 |
| 3. Materijali i metode..... | 13 |
| 3.1. Šturkov izmet..... | 13 |
| 3.2. Tlo..... | 14 |
| 3.3. Poljski pokus | 15 |
| 3.4. Laboratorijske analize | 21 |
| 3.5. Statistička analiza..... | 22 |
| 3.6. Kontrola kvalitete podataka..... | 22 |
| 4. Rezultati i rasprava..... | 23 |
| 4.1. Šturkov izmet..... | 23 |
| 4.2. Tlo..... | 25 |
| 4.3. Salata | 28 |
| 5. Zaključak..... | 32 |
| Literatura | 33 |
| Životopis: | 37 |

Sažetak

Diplomskog rada studentice **Alina Jantol**, naslova

Mogućnost primjene izmeta šturka (*Gryllus assimilis* Fab.) kao poboljšivača/gnojiva u uzgoju salate

Radi održivosti uzgoja proteina u svijetu, sve se više potiče uzgoj insekata. Kako se takvi sustavi sve više razvijaju, nastaju nusproizvodi među kojima su ekskrementi insekata koji se nalaze na tržištu te predstavljaju tip organskog gnojiva. Njihova kvaliteta i efikasnost znanstveno su malo ispitani. Cilj rada je utvrditi kemijski i mikrobiološki sastav izmeta šturka (*Gryllus assimilis* Fab.) te efikasnost njegove primjene kao poboljšivača/gnojiva u poljskim uvjetima uzgoja salate (*Lactuca sativa* L.). Korišten je izmet šturka iz certificirane farme insekata "Insektarij-tvornica buba". Provedene su osnovne fizikalne, kemijske i mikrobiološke analize tla, elementarna analiza šturkovog izmeta, te kemijske analize biljnog materijala kao i prinos na kraju vegetacije. Nisu utvrđene statistički značajne razlike u prinosu salate, no primjena izmeta šturka je pozitivno utjecala na tlo i kemijski sastav biljke. Analizom šturkovog izmeta utvrđen je NPK omjer 5:1:4 .

Ključne riječi: nusproizvod, industrija insekata, održivo gospodarenje hranivima

Summary

Of the master's thesis – student **Alina Jantol**, entitled

Possibility of using cricket frass (*Gryllus assimilis* Fab.) as an soil amendment / fertilizer in lettuce cultivation

Insect farming is increasingly encouraged because of the need to produce protein sustainably. As such systems develop more, by-products are created, among which are insect frass that is on the market and represent a type of organic fertilizer. Their quality and efficiency have been scientifically little tested. The aim of this study was to determine the chemical and microbiological composition of cricket frass (*Gryllus assimilis* Fab.) And the efficiency of its application as a soil amendment/fertilizer in field conditions of lettuce (*Lactuca sativa* L.). Cricket frass was obtained from a certified insect farm "Insektarij-tvornica buba". Basic physical, chemical, and microbiological analyses of soil, elementary analysis of cricket frass, chemical analyses of plant material, and yield at the end of vegetation were performed. No statistically significant differences in lettuce yield were found, but the application of cricket frass had a positive effect on the soil and the plant's chemical composition. Analysis of cricket frass showed an NPK ratio of 5:1:4.

Keywords: by-product, insect industry, sustainable nutrient management

1. Uvod

U ovom radu istraživalo se korištenje nusproizvoda industrije insekata u poljoprivredi. Industrija insekata je u porastu jer pokazuje potencijal u održivoj proizvodnji proteina te se sve više koristi u hranidbi životinja. Iako je praksa konzumacije insekata prisutna u svijetu, u zemljama zapada tek se počinje proizvoditi insekte u tu svrhu (Shockley i Dossey, 2013). Trenutno je proizvodnja insekata još uvijek na malim skalama u većini Europe, ali se predviđa kako će značajno rasti u sljedećih par godina. S porastom industrije naravno porast će količina njenog nusproizvoda, u ovom slučaju izmeta šturka.

Korištenje nusproizvoda industrije insekata važno je zbog povećanja ekonomske održivosti industrije i održivog kruženja hraniva na kopnu. Mikro i makro hraniva potrebna za poljoprivrednu proizvodnju često se gube iz kopnenih sustava i javlja se potreba za većom pažnjom u njihovom recikliranju i zadržavanju u sustavima hrane. Takve težnje proklamira i Europska unija s namjerom potpunog prelaska na tzv. kružno gospodarenje.

Ovim radom želi se ispitati mogućnost korištenja nusproizvoda uzgoja šturka, njegovog izmeta miješanog s drugim ostacima poput hitinske ovojnice mrtvih insekata i otrusina proizvodne podloge, u poljoprivrednom kontekstu.

Cilj rada je utvrditi kemijski i mineralni sastav (makro i mikroelemenata) izmeta šturka (*Gryllus assimilis* Fab.) te efikasnost njegove primjene kao poboljšivača tla/gnoja u poljskim uvjetima uzgoja salate (*Lactuca sativa* L.).

Prema hrvatskom Zakonu o gnojivima i poboljšivačima tla: gnojiva jesu tvari čija je glavna namjena ishrana biljaka, poboljšivači tla jesu tvari dodane u tlo s osnovnom namjenom poboljšavanja fizikalnih i/ili kemijskih svojstava i/ili biološke aktivnosti tla (NN 163/2003).

Postavlja se hipoteza kako korištenje ove sirovine ima pozitivni utjecaj na tlo i biljku te kako postoji mogućnost njezine primjene u poljoprivredi.

U prvom dijelu rada napravljen je kratki pregled literature i dana su objašnjenja za relevantne pojmove kako bi se ilustrirala cjelovita slika izmeta šturka kao sirovine koja ima mogućnost primjene u poljoprivredi. U drugom je dijelu detaljno opisana metodologija prikupljanja i obrade podataka koji su se koristili u istraživanju i opisani su detalji postavljanja pokusa. Laboratorijskim analizama utvrđen je sastav šturkovog izmeta, uzgojene salate i tla. U raspravi su pomoću sekundarnih izvora i obradom primarnih podataka izdvojeni značajni rezultati i predložena objašnjenja za pojedina opažanja.

2. Pregled literature

2.1. Uloga insekata u kruženju hraniva u ekosustavima

Insekti predstavljaju najveću kopnenu životinjsku biomasu i vrste koje se nalaze u ovoj skupini životinja su brojne i raznolike. Opisano je preko jedan milijun vrsta insekata i pretpostavlja se kako još deset milijuna vrsta nije identificirano (Royal Entomological Society, 2021). Njihova biomasa je 70 puta veća od biomase ljudi i čine otprilike 90 % svih životinja (Royal Entomological Society, 2021). Pojava insekata na planetu započinje prije 350 milijuna godina (Royal Entomological Society, 2021). Mogu se pronaći u svim ekosustavima na planetu, pa čak Antarktika ima svoju endemsku vrstu *Belgica antarctica* (Royal Entomological Society, 2021). Ispunjavaju mnoge ekološke niše i vrše mnogobrojne uloge u prirodnoj ravnoteži.

Mnoge vrste insekata su ugrožene antropogenim djelovanjem i njihove populacije su desetljećima u padu (Didham i sur., 2020). Unatoč njihovoj velikoj ulozi u ekološkim sustavima, istraživanja o njihovom pozitivnom djelovanju su relativno malobrojna naspram onih u kojima se proučavaju štete u poljoprivredi uzrokovane insektima i načini njihovog potiskivanja. Ipak razvojem znanosti ekologije i općim razvojem svijesti o međusobnoj povezanosti i značaju svih elemenata prirode, ovi organizmi dobivaju veću pažnju.

U ovom poglavlju izdvojena su neka od saznanja koji povezuju insekte s kruženjem hranivih tvari u tlu i interakciju s biljkama. Važnost razumijevanja mehanizama koji su se razvili u prirodi također je vezana uz suvremenu težnju održivijim praksama u razvoju tehnologije i industrije kako bi se činilo što manje štetnih grešaka i kako bi se ljudska aktivnost i kultura približile globalnoj održivoj ravnoteži.

Plodnost je funkcija tla koja se očituje sposobnošću pružanja biljkama potrebnih hranjiva i fizički povoljnog matriksa za rast i razvoj. Člankonošci igraju veliku ulogu u tim ključnim karakteristikama plodnih tala (Culliney, 2013).

Kako bi hraniva bila dostupna biljkama moraju biti u neorganskom, mineralnom obliku. Mineralizacija je katabolički proces konverzije elemenata, primarno organizmima dekompozitorima, poput pretvorbe ugljikohidrata u CO₂ respiracijskim procesima i raspadanja aminokiselina u amonijak te zatim u nitrat pomoću aktivnosti mikroorganizama (Culliney, 2013).

Člankonošci, skupina u koju spada i razred insekata, predstavlja 85% faune tla. Sudjeluju u ekosustavima tla kao transformatori organske tvari i u fizičkoj reorganizaciji što direktno ili indirektno utječe na dostupnost hraniva u tlu. Najaktivniji predstavnici razreda *Insecta* u tim ulogama su mravi i termi (Slika 1.), (Culliney, 2013).

Insekti predstavljaju i zanemareni izvor dušika u tlu koji se akumulira u njihovim organizmima herbivorijom. Dijelom biljke ponovno akumuliraju taj dušik kroz proces

depozicije fekalija i dekompozicije tijela insekata (Behie i Bidochka, 2013). Osim dušika, značajan izvor kalcija u tlu čine upravo mrtvi ostaci člankonožaca (Culliney, 2013).



Slika 1. Mravi premještaju i usitnjavaju organski materijal oko svog staništa. Izvor: Alina Jantol

Insekti imaju otprilike 10 % težinskog udjela dušika u svojim tijelima, primarno u obliku hitina i proteina. U ekosustavima umjerene klime na površini od 1 ha nalazi se 15 g podzemnog dušika kojem je izvor biomasa insekata 100 do 200 g insektno vezanog dušika iznad površine tla. Usporedbom količine dušika koju mogu za tlo vezati mikroorganizmi, koja iznosi otprilike 100g/ha u jednoj godini, dobiva se uvid kako količina dušika koja dolazi iz insekata nije zanemariva. Izmet insekata sadrži organski dušik u formi mokraćne kiseline i može se pretvoriti u anorganske oblike aktivnošću mikroorganizama (Behie i Bidochka, 2013).

Listinac i ostali mrtvi biljni materijal svojom aktivnošću insekti premještaju, probavljaju, ovlažuju i depozicijom fekalija doprinose disperziji i rastu populacija mikroorganizama kojima je osigurana veća površina hranjivog materijala u ovom usitnjenom obliku (Culliney, 2013). Druge promjene organskog materijala koje se događaju u probavnim sustavima člankonožaca uključuju pH i redoks izmjene, izdvajanje lako razgradivih polisaharida,

povećanje u proporciji lignina, smanjenje topivih fenola i smanjenje C:N omjera (Frouz, 2017). Fizičko i biološko usitnjavanje probavom uništava stanične kutikule biljnog materijala, čini stanični materijal dostupnim, povećava vodo-retencijsku sposobnost tla, aeraciju i mobilnost hraniva kroz tlo i biljni materijal prolazi kroz kataboličke promjene. Fekalije člankonožaca također predstavljaju baze za formacije agregata u tlu i humusu što fizički stabilizira tlo i povećava kapacitet tla za pohranjivanje hraniva. Fekalije člankonožaca igraju veliku ulogu u formaciji „moder“ i „mor“ tipa humusa u primitivnim tlima (ranker, rendzina) (Culliney, 2013).

U tlu mikroorganizmi koji sudjeluju u mineralizaciji dušika su amonificirajuće *Bacillus*, *Pseudomonas*, i *Streptomyces* te nitrificirajuće bakterije *Nitrobacter* i *Nitrosomonas*. U razgrađivanju dušika podrijetlom od insekata ulogu imaju i gljivični organizmi koji izlučuju hidrolitičke enzime proteazu i hitinazu te razlažu proteine i hitin u hraniva dostupna biljci. Kako su insekti važan izvor dušika biljkama, ukazuju razvijeni simbiotski odnosi s takvim gljivičnim organizmima. Među zanimljivijima su *Metarhizium* i *Beauveria* koja imaju za insekte patogena svojstva i koriste se u biološkoj zaštiti poljoprivrednih kultura (Behie i Bidochka, 2013).

Suvremena kultura pokazuje malo obzira prema ključnim ulogama koji igraju člankonošci u zdravim ekosustavima i njihovim esencijalnim uslugama kojima oni doprinose, pogotovo u razgrađivanju i recikliranju organskog materijala (Culliney, 2013).

2.2. Industrija Insekata

UN predviđa porast populacije na 9,7 milijardi u 2050. godini (2019) što predstavlja izazov u postizanju sigurnosti hrane, dok proizvodnja hrane bogate bjelančevinama za životinje rezultira potrebama za proširenjem poljoprivrednog zemljišta, povećanje dušičnog zagađenja i porast ispuštanja stakleničkih plinova (Pikaar i sur., 2018). Sve je veća potreba za prihvaćanje novih ideja i inovacija u sustavima hrane koje implementiraju za okoliš, društvo i ekonomiju održive prakse (Kronberg i sur., 2021). Potreba proizlazi iz okolišnih, klimatskih i ekonomskih kriza čiji su simptomi sve prisutniji u sadašnjici. Porast stanovništva i osiguravanje zdravstveno ispravnih i hranjivih izvora hrane je izazov koji zahtjeva kreativna i interdisciplinarna rješenja (Kronberg i sur., 2021). Industrija insekata je u porastu i može igrati ulogu u preradi organskih ostataka prehrambene industrije i sama biti održivi izvor hrane za životinje i ljude (Zahn, 2017). Samo za ljudsku konzumaciju predviđa se rast tržišta insektima na 4,63 milijarde dolara do 2027. (Global EdibleInsects Market, 2021).

Industrija insekata bilježi značajno smanjenje stakleničkih plinova u odnosu na ostale proizvodnje proteina. U uzgoju insekata se ne proizvodi NH_3 dok se NO_3^- i CO_2 proizvode u značajno manjim količinama. Kod uzgoja insekata bilježi se izrazito efikasna konverzija hrane za životinje te se za isti proizvodni rezultat u količini proteina koristi i 12 puta manje hrane za životinje nego u stočarskoj proizvodnji (Zahn, 2017).

Europska unija stvorila je legislativni okvir za korištenje insekata u akvakulturi 2017. (Regulation 893/2017) i time potaknula razvoj industrije insekata u EU (Arru i sur., 2019). Potreba za provođenjem ovog zakona također proizlazi iz okolišnih kriza današnjice i pomanjkanju tradicionalne hrane u akvakulturi koja se sastojala od ulova ribe veličina i vrsta neprihvatljivih za tržište. Taj ulov je kroz prošla desetljeća sve manje održiv (Arru i sur., 2019). Također Europska unija ima manjak proizvodnje proteina te je preko 70% konzumiranog proteina u EU iz uvoza (Arru i sur., 2019). Regulacija Europske unije 2015/2283, odnosi se na inovacije u prehrani, u primjeni od 1. siječnja 2018. godine, dozvoljava pod posebnim uvjetima prodaju insekata u ljudskoj prehrani (Houben i sur., 2020). Ukolovožu 2021. izglasan je novi zakonski okvir (2021/1372) koji omogućuje korištenje prerađenih životinjskih bjelančevina (PAP) porijeklom od insekata za prehranu u svinjogojstvu i peradarstvu na području EU (Bryrne, 2021). Među prvim zemljama koje su prihvatile inovacije i ostvarile proizvodnju insekata u EU su Nizozemska i Belgija.

U Hrvatskoj je prva certificirana farma insekata osnovana 2015. godine, te je u Registar farmi Hrvatske poljoprivredne agencije upisana 2018. godine (Insektarij, 2021). Na farmi se uzgajaju vrste *Gryllus assimilis* Fab. (Jamajčanski poljski šturak) i *Hermetia illucens* L. (Crna vojnička muha) (Slika 2.), (Insektarij 2021). Farma u suradnji s Veterinarskim fakultetom u Zagrebu 2016 utemeljila Istraživačku skupinu za insekte Veterinarskog fakulteta sa ciljem Istraživanje metoda intenzivnog uzgoja, nutritivnog moduliranja sastava uzgajanih vrsta te optimiziranje i komercijalizaciju hrane za uzgoj insekata (Insektarij, 2021). Legislativni okvir koji dopušta distribuciju insekata u ljudskoj prehrani Europske unije zahtijeva od država članica uređenje regulacije kako bi dopuštenje bilo na snazi. Hrvatska nema uređenu tu regulativu stoga prodaja insekata za ljudsku konzumaciju nije dopuštena.



Slika 2. Uzgoj šturaka na kartonu. Izvor: Insektarij – Tvornica buba

Proizvodnja insekata u Europskoj uniji je većinom u malim skalama (Zahn, 2017). To stvara ekonomske probleme u isplativoj primjeni insekata u industriji i prehrani te je potrebno povećanje skale proizvodnje kako bi uloženi trud u razvoj industrije polučio pozitivne rezultate (Arru i sur., 2019). S tim problemom se suočava industrija insekata u cijelom zapadnom svijetu. Predviđa se porast vrijednosti ove industrije što uključuje rješavanje problema malih skala proizvodnje. Uzgoj insekata nije tehnološki niti kapitalno zahtjevan pothvat (Zahn, 2017).

Entomofagija (konzumacija insekata za hranu) prisutna je u mnogim kulturama svijeta i ima značajnu ulogu u prehrani ljudi. Insekti se mogu preraditi u niz prehrambenih proizvoda te se prah ili brašno može dodavati u proteinske mješavine, kekse, mješavine za kruh, a od larvi nekih vrsta insekata se proizvodi i ulje. U zapadnom svijetu entomofagija nije popularna praksa.

Prehrambena vrijednost šturka ispitana je na Veterinarskom fakultetu u Zagrebu i utvrđen je sadržaj u suhoj tvari (6 % vlage) proteina (65 %), masti (15,5 %), minerala (5,5 %) i sadržaj vlakana (8 %) (Insektarij, 2021). Insekti su hranjivi i sigurni za konzumaciju, no zbog faktora odbojnosti što ovaj proizvod izaziva potrošačima sa zapada, pretpostavka je kako će se više promjena dogoditi u industriji proizvodnje hrane za životinje. Kao opasnosti konzumacije insekata izdvojene su alergijske reakcije koje se mogu pojaviti kod ljudi koji slične probleme imaju s konzumacijom životinja iz razreda rakova.

2.3. Šturak (*Gryllus assimilis* Fab.)

Gryllus assimilis Fab. pripada u razred *Insecta*, red *Orthoptera*, podred *Ensifera*, porodicu *Gryllidae* i rod *Gryllus*. Obilježja vrste su svjetlija boja od drugih vrsta šturaka, područje oko očiju koje je svjetlo žuto-smeđe boje i pronotumobrašten gustim dlačicama smeđe boje (Slika 3.). Prvi put je opisan na Jamajci i široko je rasprostranjen po zapadnoj Indiji. Sve razvojne faze ove vrste mogu se simultano pojaviti tijekom godine. Prirodno stanište su mu livade, zakorovljena polja i ostala otvorena zatravljena područja. Ponekad leti u rojevima (Walker, 1969).



Slika 3.: Jamajčanski poljski šturak
Gryllus assimilis. Izvor: Insektarij – Tvornica buba

Glasa se kratkim cvrkutom koje se ponavlja približno jednom u sekundi. Sastoji se od sedam ili više pulseva koji započinju kratko i progresivno se produžuju. Intervali između pulseva su poprilično kratki te se to glasanje više čini kao kontinuirani zvuk nego pulsiranje kao kod drugih vrsta šturaka (Walker, 1969).

Relativna krupnoća imaga i lakoća uzgoja čine ga povoljnim za prehrambenu industriju životinja i ljudi (Walker, 1969). Jamajčanski poljski šturak zamijenio je *Achetadomesticus* L. u uzgoju šturka zbog gubitaka populacija uzrokovanih Denso virusom (AdDNV) (Ortiz *i sur.*, 2016).

2.4. Uzgoj šturka

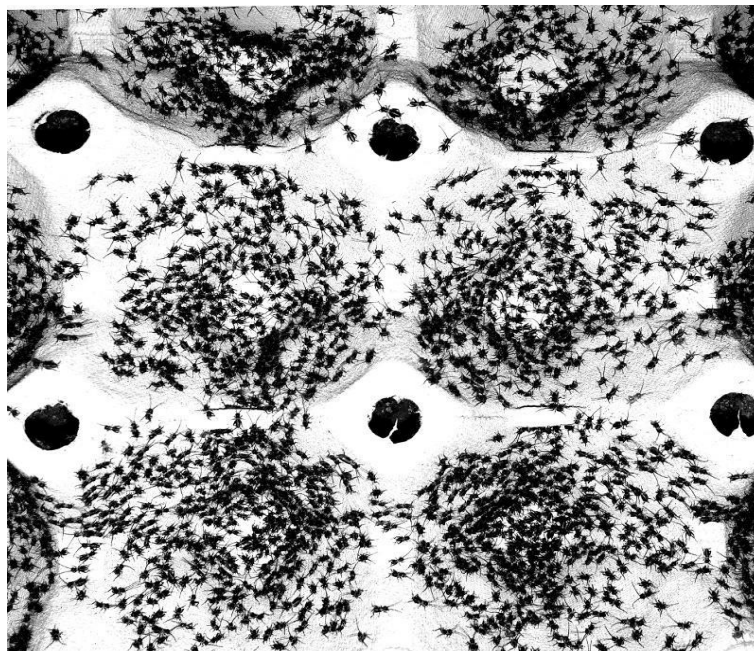
Šturci se u Sjedinjenim Američkim Državama komercijalno uzgajaju barem 65 godina (Ortiz *i sur.*, 2016).

Šturak se uzgaja kako bi se koristio za mamce u hobističkom ribolovu, kao hrana za kućne ljubimce i u zadnjem desetljeću se sve više melje u takozvani šturkov prah i šturkovo brašno namijenjeno ljudskoj konzumaciji. Tehnologija nije jako razvijena i većina rada se obavlja manualno bez značajne mehanizacije (Ortiz i sur., 2016).

Za uzgoj se koriste kutije različitih materijala i veličina, dubine 30-60 cm. Ispunjene su raznovrsnim materijalima poput kartona, kutija za pakiranje jaja i slično, koji povećavaju uzgojnu površinu. Optimalna temperatura kreće se između 32 i 35 °C iako se najčešće prostor zagrijava na 29,5 do 33 °C. Adekvatna relativna vlažnost zraka u proizvodnji je 25 do 50%. Gustoća napučenosti jedinki varira između 500 do 750 jedinki u 28,3 L (1 ft³) (Ortiz i sur., 2016).

Dijeta šturaka sadrži 20 - 30 % proteina, 32 - 47 % ugljikohidrata i 3,2 - 5,2 % lipida. Hrana za šturke, kao i u drugim granama uzgoja, najskuplji je resurs i limitirajući faktor isplativosti proizvodnje. Američki uzgajivači imaju komercijalno dostupnu mješavinu za prehranu šturaka, no mnogi pripremaju vlastite mješavine. Razvijaju se efikasnije metode prihrane koje nastoje iskoristiti ostatke iz industrije alkohola, tržišne viškove povrćarstva, drugih nusproizvoda prehrambene industrije, alge i neiskorišteni potencijal biomase trave (Ortiz i sur., 2016).

Inkubacija jaja traje 10-14 dana, nimfe se razvijaju 6-8 tjedana na temperaturi od 32 °C. Na slici 4. prikazan je izgled nimfi u uzgoju. Odrasli šturci se skupljaju i stavljaju na tržište (Ortiz i sur., 2016).



Slika 4.: Nimfe šturaka u uzgoju. Izvor: Insektarij – Tvornica buba

Podatak o količini izmeta u proizvodnji šturka nije pronađen u literaturi, ali uvid u količine se može protumačiti iz intervjua s proizvođačem šturaka koji se nalazi na portalu Insider (2021). U jednom proizvodnom ciklusu, za 15 000 000 šturaka, proizvođač potroši 31751,44 kg hrane te izdvoji 2721,554 kg izmeta (Cameron i Hauwanga, 2021).

2.5. Šturkov izmet kao poboljšivač tla ili gnojivo

Kako bi se povećala efikasnost i smanjila cijena proizvodnje potrebna je reciklaža nutrijenata (Kronberg i sur., 2021). Razvijaju se kompleksni multitrofički sustavi u kojima nutrijenti kruže među više skupina živih organizama kako bi se postigla veća efikasnost (Kronberg i sur., 2021). Industrija insekata povoljna je za razvoj ovakvih sustava. Insektima se mogu hraniti ljudi, domaće životinje i ribe. Kako bi se insekti prehranili mogu se koristiti neiskorišteni organski ostaci prehrambene industrije te se zatim nusproizvod industrije insekata može primijeniti u poljoprivredi kako bi se osigurala potrebna hraniva biljkama. Istraživanja ukazuju kako uzgoj insekata i korištenje nusproizvoda na gospodarstvu ima ključnu ulogu u postizanju efikasnog i održivog kruženja hraniva (Quilliam i sur., 2020).

Zalihe hraniva poput bakra, magnezija, fosfora, selena i cinka su sve manje dostupne i nastaje manjak zbog kontinuirane potrebe prihrane tla (Kronberg i sur., 2021). Sustavi proizvodnje hrane koji omogućuje zadržavanje rijetkih resursa što duže u optičaju iz tog razloga rastu na značaju (Kronberg i sur., 2021). Korištenje izmeta insekata predstavlja vrijedan izvor hraniva koja su u sve većem nedostatku poput dušika i fosfora na održiviji način od konvencionalnih mineralnih gnojiva (Schmitt i Vries, 2020).

Istraživanja o utjecajima nusproizvoda industrije insekata su malobrojna (Zahn, 2017). Potrebno je uspostaviti efikasnu valorizaciju proizvoda izmeta insekata zbog namjere povećanja industrije insekata te time i količina dostupnog izmeta (Houben i sur., 2020). Kvaliteta i mogućnost iskorištavanja ovog proizvoda kao gnojiva ili poboljšivača tla važna je u kontekstu smanjenja korištenja mineralnih gnojiva i povoljna zapracticiranje cirkularne ekonomije kojoj se sve više okreće Europska Unija (Houben i sur., 2020).

Postoji više istraživanja čiji rezultati utvrđuju pozitivno djelovanje ovog proizvoda na rast i razvoj biljaka (Laland i sur., 2014; van Huis i sur., 2013; Čičkova i sur., 2015 prema Zahn, 2017). Izmet insekata može imati pozitivan utjecaj na rast biljaka zbog potencijalno visokog sadržaja mikrobiološke biomase, hitina, hormona rasta i enzima. Nutritivna svojstva nusproizvoda industrije insekata dovoljno su visoka kako bi ono imalo primjenu u kontekstu prihrane tla. Hrana koja se koristi u ishrani insekata može imati utjecaj na kvalitetu izmeta i njegov utjecaj na fizikalno kemijska svojstva tla na kojemu se primjenjuje kao gnojivo i poboljšivač tla (Zahn, 2017). Zbog varijabilnosti u kvaliteti ove sirovine postoji potreba za većim brojem istraživanja na ovu temu.

Daljnja istraživanja bi mogla proizvesti pouzdane rezultate o efikasnom utjecaju izmeta insekata u borbi protiv pojedinih štetnika i time smanjiti ovisnost o pesticidima što bi moglo imati značajan utjecaj na globalni biodiverzitet (Schmitt i Vries, 2020). Europske regulacije vezane za aplikaciju hraniva na tlo (Regulacija (EU) 2019/1009, Regulacija (EC) 2003/2003, itd.) najviše se obaziru na rizike kontaminacije, te zbog varijabilnosti u prehrani insekata mogu predstavljati problem zbog otežanog praćenja sadržaja izmeta insekata (Schmitt i Vries, 2020). Provedeno istraživanje utjecaja izmeta vrste *Hermetia illucens* L. (Crna vojnička muha) kao poboljšivača tla utvrdilo je kako nema opasnosti kontaminacije tala patogenim organizmima u primjeni ove sirovine (Klammsteiner i sur., 2020).

Hitin kao sastojak izmeta insekata pokazao je povoljno indirektno djelovanje na zdravlje biljaka preko mikrobioma u tlu te je dodavanje hitina pomoglo kod rješavanja problema s nematodama (Schmitt i Vries, 2020). Zbog manjeg okolišnog utjecaja proizvodnje proteina iz insekata nego iz naprimjer kokoši, proizlazi zaključak kako i gnojivo proizvedeno od izmeta insekata ima manji negativni utjecaj na okoliš od onog proizvedenog iz kokošnjeg izmeta (Schmitt i Vries, 2020).

Proveden je pokus kvalitete izmeta vrste *Tenebrio molitor* L. (Brašnar) usporedno s mineralnim NPK gnojivom i njihovom mješavinom. U pokusu je mjereno utjecaj u uzgoju ječma. Zbog brze mineralizacije ove sirovine, izmet ove vrste pokazao se jednako efikasnim kao i NPK mineralno gnojivo. Istraživanje je pokazalo kako se primjenom izmeta u tlu nalazi manje u vodi topivog fosfora što povoljno djeluje na smanjenja gubitka fosfora dostupnog biljci zbog vezanja na adsorpcijski kompleks ili zbog ispiranja. Rezultati ovog istraživanja ukazuju na veliki potencijal korištenja ove sirovine kao djelomičnu ili potpunu zamjenu za NPK mineralna gnojiva. U istraživanju je utvrđeno kako su hraniva u izmetu uniformno raspoređena te je otpuštanje hraniva u tlo homogeno. Postoje indikacije kako izmet ovog insekta povoljno djeluje na povećanje populacija korisnih mikroorganizama u tlu (Houben i sur., 2020).

Istraživanje koje se odnosi na primjenu šturkovog izmeta u poljoprivredi proučava korištenje ove sirovine u kontekstu dušične prihrane u uzgoju bilja. Utjecaj na prinose kukuruza šećerca promatrao se kroz dvije doze gnojiva 140 kg ha^{-1} i 168 kg ha^{-1} . Frakcija dušika u ovoj sirovini većinski je vezana za organski materijal te mineralizacija ovisi o uvjetima poput temperature, vlažnosti i uvjetima u tlu. Kako bi se u potpunosti iskoristio dušik u prehrani bilja potreban je duži vremenski period. Iz tog razloga zaključuje se kako ova sirovina u konvencionalnoj poljoprivredi ne može biti jedini izvor dušika no može koristiti kao dušična prihrana te pridonosi povećanju prinosa (Darby i sur., 2017).

2.6. Uzgoj, ishrana i kvaliteta salate

Salata (*Lactuca sativa* L.) popularno je povrće čija konzumacija ima mnogo povoljnih djelovanja na zdravlje. Pripada porodici *Asteraceae*. Ekonomska važnost je velika i u skupini lisnatog povrća prema ekonomskim mjerenjima je pored rajčice (Mampholo i sur., 2016).

Salata je dobar izvor prehrambenih vlakana (1,1 g/100 g (svježe tvari), vitamina A (166 lg/100 g (svježe tvari)), vitamina B9 (73 lg/100 g (svježe tvari)), vitamina C (4 mg/100 g (svježe tvari)), vitamina K(24 lg/100 g) i fenolnih spojeva. Zbog niske kalorične vrijednosti (10 kcal [60 kJ]/100 g (svježe tvari)) često se upotrebljava u dijetama za smanjenje tjelesne težine. Povoljnosti za zdravlje su poboljšana probava zbog visokog sadržaja vlakana. Povišeni sadržaj beta-karotena i luteina u salati povezano je sa smanjenjem rizika karcinoma, bolesti srca i srčanog udara (Mampholo i sur., 2016).

U mineralnom sastavu salate su povoljne povećane količine kalija i magnezija. Kalij ima ulogu u ravnoteži vode i ravnoteže pH reakcije krvi (Mampholo i sur., 2016). Unos magnezija može smanjiti mogućnost pojave Alzheimerove bolesti, kardiovaskularnih bolesti, tip 2 dijabetesa i migrenskih glavobolja (Mampholo i sur., 2016). Tragovi metala bakra, željeza, magnezija i cinka u prehrani su potrebni za zdravlje, no pretjerana konzumacija i visoke koncentracije mogu izazvati negativne posljedice (Yin i sur., 2017).

Svaka kultivirana vrsta ima svoje specifične potrebe za uzgojnim metodama, hranivima, klimatskim uvjetima. U tablici 1. prikazano je prosječno iznošenje hraniva iz tla prema kojima se računa optimalna gnojdba kultura porodice *Asteraceae* (Lončarić i sur. 2015).

Tablica 1. Iznošenje hraniva (kg/ha) ukupnim prinosima kultura porodice *Asteraceae*

| Vrsta | Prinos (t/ha) | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | CaO | MgO |
|---------------|---------------|-----------|-------------------------------|------------------|---------|---------|
| salata | 18 – 40 | 68 - 120 | 21 – 40 | 130 - 160 | 29 - 35 | 8 - 16 |
| endivija | 30 – 40 | 120 – 150 | 40 – 50 | 150 - 250 | 54 - 60 | 18 - 30 |
| radič lisnati | 35 – 40 | 140 – 160 | 50 | 180 - 210 | 18 | 30 - 60 |
| radič glavati | 16 - 20 | 120 | 30 - 40 | 130 – 140 | 20 | 20 - 40 |

Izvor: Ćustić (1996.), Lešić i sur. (2002.), Müller (2000.), MP RH (2013.), Parađiković, (2009.), Warncke i sur. (2004.), www.fertilizer.org/IFA preuzeto od Lončarić i sur. (2015)

Organska gnojiva u uzgoju su pokazivala bolje rezultate u mineralnom sastavu proizvedenog povrća. Povrće uzgojeno s organskim gnojivima sadržavalo bi više vitamina i antioksidansa od onog uzgojenog pomoću mineralnog gnojiva (Paduel i sur. 2004).

Prema Liu i sur. (2014) salata, kao i drugo lisnato povrće, može sadržavati veliku količinu nitrata. Pokazalo se kako intenzitet svjetlosti, vrijeme aplikacije dušičnih gnojiva i korištena sorta ima u utjecaj na akumulaciju nitrata u salati. Otpuštanje nitrata u organskim gnojivima ima tendenciju biti sporije od onog u mineralnim jer se u njima dušik rijetko nalazi u biljkama dostupnom obliku. Visoke koncentracije nitrata mogu uzrokovati ozbiljna oboljenja kod ljudi te je od važnosti kultivirati povrće s niskim udjelom nitrata. The Joint Expert Committee of the Food and Agriculture Organization (JECFA), Svjetska zdravstvena organizacija (WHO) i Znanstveni odbor za prehranu Europske komisije (EC) postavili su prihvatljivi unos nitrata za dnevnu ljudskukonzumaciju od $7,0 \text{ mgkg}^{-1}$ tjelesne težine. Salata gnojena organskim gnojivima ima niže koncentracije nitrata od one gnojenjemineralnim gnojivom.

U hrvatskom zakonu definirana je razina dozvoljenih nitrata u pojedinom povrću i s obzirom na rok uzgoja, odnosno, berbe. Za salatu ubranu od 1. listopada do 31. ožujka količina dozvoljenih nitrata iznosi 5000 mgkg^{-1} (svježe tvari) (NN 146/2012).

3. Materijali i metode

Metodologija korištena u ovom istraživanju osmišljena je kako bi se mogli kvantificirati učinci primjene šturkovog izmeta. Prikupljeni podaci su se koristili kako bi se usporedilo stanje tla prije i poslije primjene šturkovog izmetate kako bi se utvrdilo je li primjena izmeta imala učinak na kvalitetu i kvantitetu prinosa uzgojene salate.

3.1. Šturkov izmet

Šturkov izmet zajedno s drugim ostacima uzgoja šturka ustupio je "Insektarij - Tvornica buba" (Slika 5.).



Slika 5.: Doziranje šturkovog izmeta za gnojidbu. Izvor: Alina Jantol

U analizi su korišteni i rezultati preliminarne kemijske analize šturkovog izmeta napravljeni 2020. godine. U 2021. godini kod postavljanja pokusa su uzete nove šarže izmeta. Dio izmeta je stavljen na sterilizaciju u sušionik na 80 °C na sat vremena, a dio nije. Napravljeni su prosječni uzorci i analize za sterilizirani i nesterilizirani izmet koji se koristio u pokusu, te je napravljena analiza šturkovog izmeta šarže u čijoj se prehrani koristilo kukuruzno brašno kako bi se usporedile razlike između prikupljenih sirovina s obzirom na ishranu šturka (tablica 3.).

Doza izmeta šturka bila je odmjerena sukladno potrebama uzgojne kulture (u ekvivalentu od 100 kgNha⁻¹) i iznosila je 50 g m⁻². Izmet se raspoređivao na površini tla, oko posađene biljke, u prostoru korijena 01.04.2021. (Slika 6.).



Slika 6.: Gnojidba šturkovim izmetom Izvor: Alina Jantol

3.2. Tlo

Prije postavljanja pokusa sondom su uzeti uzorci s oraničkog sloja na tri mjesta uzgojne površine. Napravljen je prosječni uzorak te su napravljene analize fizikalnih i kemijskih svojstava. Postupak je ponovljen nakon berbe salata, no ovoga puta uzimao se uzorak tla s pojedinačnih parcela i provedene su kemijske analize (Slika 7.).

Tijekom pokusa uzeti su uzorci tla sa svih parcela kako bi se poslali na mikrobiološku analizu u Institut Ruđer Bošković (tablica 6.).



Slika 7.: Uzorci tla pripremljeni za analize nakon berbe salata. Izvor: Aleksandar Gavrilović

3.3. Poljski pokus

U pokusu je korištena salata *Lactuca sativa* L. var. *capitata*. Korišteno je pilirano sjeme sorte "Melina". Karakteristike sorte su svijetlo zelena boja i srednja do velika rozeta. Ova sorta pripada tipu "Batavia" što podrazumijeva valovito lišće. Ono je veliko i ova sorta ima potencijal visokog prinosa. U blagim klimatskim uvjetima ova sorta se može uzgajati tijekom cijele godine. Nije otporna na mraz i visoke temperature. Sorta je prilagodljiva i primjerena za razne načine uzgoja, relativno otporna na bolest vršnog paleža i ima dugo razdoblje prije prelaska u generativnu fazu (Sakata 2021).

Pokus je započeo sjetvom salate u zaštićeni grijani prostor 10.2.2021. u plasteniku Zavoda za povrćarstvo na Agronomskom fakultetu u Zagrebu. Salata je posijana u polistirenske kontejnere ispunjenesupstratom namijenjenom uzgoju presadnica („Klasmann Potgrond H“), recepture miješanog smrznutog crnog sphagnum treseta i finog bijelog sphagnum treseta s dodatkom vodotopivog gnojiva i mikroelemenata. Supstrat je bio fine strukture čestica veličine od 0 do 5 mm i pH (H₂O) mu iznosi 6,0. Salata je niknula 18.2.2021.

Presadnice su posađene 29.3.2021. (Slika 8.) na razmak redova 30 cm i razmak unutar reda 30 cm na pokušalištu Maksimir Zavoda za povrćarstvo, u studentskim vrtovima. Uzgojna površina organizirana je u latinski kvadrat s tri tretmana. Svaka varijanta zauzimala je površinu od 1 m² te je ukupna površina bila 9 m². Pojedinačni tretman je uključivao 14 zasebnih jedinki salate. Uzorci su se analizirali u Analitičkom laboratoriju Zavoda za opću proizvodnju bilja, Agronomskog fakulteta u Zagrebu. Mikrobiološka analiza napravljena je na Institutu Ruđer Bošković u suradnji s Veterinarskim fakultetom Sveučilišta u Zagrebu.



Slika 8.: Sadnja sadnica na pokusno polje. Izvor: Željka Zgorelec

Tretmani su se razlikovali u postupku sa šturkovim izmetom prije primjene i primijenjena je ista doza izmeta. Dvije varijante (II, III) se razlikuju u sterilizaciji sirovine sat vremena na 80 °C, a jedan tretman je kontrolni (I) i u njemu nije primijenjen šturkov izmet kao gnojivo.

U pokusu su se prikupljali podaci pomoću analize uzoraka šturkovog izmeta, tla na kojem je proveden pokus i uzgojene salate. Radi preglednosti priložena je shema pokusa i korištene oznake za uzorke (tablica 2. i 3.).

Tablica 2. Shema pokusa s prikazanim rasponom tretmana i ponavljanja

| | | |
|--|---|---|
| I- kontrola 1.- ponavljanje | III-sterilizirani šturkov izmet 1. - ponavljanje | II- obični šturkov izmet 1. - ponavljanje |
| III-sterilizirani šturkov izmet 2.- ponavljanje | II- obični šturkov izmet 2.- ponavljanje | I- kontrola 2.- ponavljanje |
| II- obični šturkov izmet 3.- ponavljanje | I- kontrola 3.- ponavljanje | III-sterilizirani šturkov izmet 3.- ponavljanje |

Tablica 3: Popis i opis uzoraka iz pokusa

| Materijal | Opis uzorka | Oznaka |
|--|----------------------------------|--------------|
| Tlo | Tlo prije postavljanja pokusa | 0 |
| | Tretman I | τ I |
| | Tretman II | τ II |
| | Tretman III | τ III |
| Salata | Tretman I | s I |
| | Tretman II | s II |
| | Tretman III | s III |
| Šturkov izmet | Preliminarno testiranje | PT |
| | Nesterilizirani izmet | NŠ |
| | Sterilizirani izmet | SŠ |
| | Izmet šturka hranjenog kukuruzom | KŠ |
| U poglavlju „Rezultati i rasprava“ ponavljanja su označena arapskim brojevima 1,2 i 3. Gdje ona nisu naznačena, radi se o prosječnom uzorku. | | |

Hidrometeorološke podatke je ustupio DHMZ i odnose se na mjernu stanicu Zagreb-Maksimir. Prva tri mjeseca 2021. godine su bila iznadprosječno topla (tablica 4.). U ranim

fazama prilagodbe sadnica vanjskim uvjetima, vremenske prilike su se naglo promijenile. Zabilježena je prosječna temperatura 6.4.2021. bila 0,4 °C, 7.4.2021. iznosila je 1,6 °C i 8.4.2021. 5,8 °C. Pad temperatura bio je popraćen snježnim oborinama.

Tablica 4. Usporedba prosječnih mjesečnih temperatura u referentnom razdoblju i u razdoblju provedbe pokusa

| °C | siječanj | veljača | ožujak | travanj | svibanj | lipanj | Σ |
|---------------|----------|---------|--------|---------|---------|--------|------|
| T (1961-1990) | -0,8 | 1,9 | 5,9 | 10,6 | 15,3 | 18,5 | 51,3 |
| T (2021) | 2,8 | 5,7 | 6,8 | 9,8 | 14,7 | 23,3 | 63,1 |
| odstupanje | 3,6 | 3,8 | 0,9 | -0,8 | -0,6 | 4,8 | |

T (1961-1990)-Prosječna mjesečnih temperatura u referentnom razdoblju

T (2021)-Prosječna mjesečna temperatura 2021

Izvor: Podaci DHMZ-a

Oborine koje su padale tijekom trajanja pokusa bile su dovoljne za opskrbu biljaka salate potrebnom vodom, no oborine nisu bile ravnomjerne (tablica 5.) te klimatski uvjeti nisu bili optimalni za razvoj salate.

Tablica 5. Usporedba količina oborine u referentnom razdoblju i u razdoblju provedbe pokusa

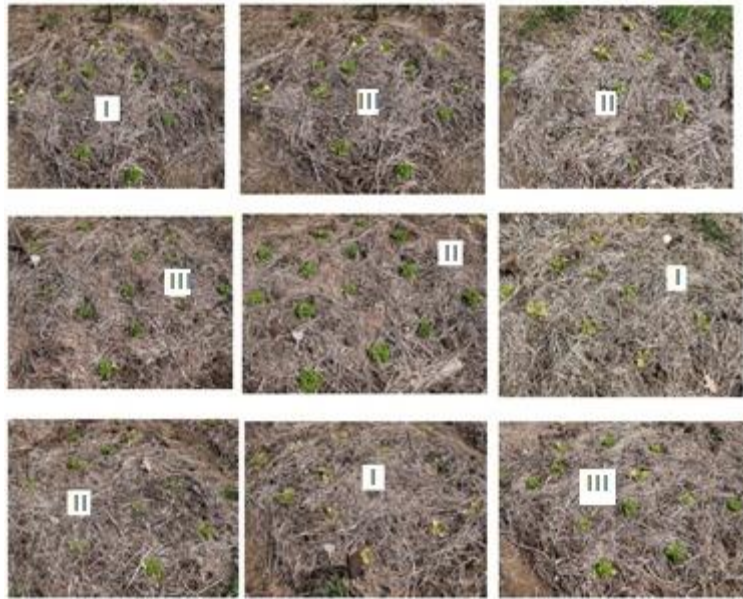
| | siječanj | veljača | ožujak | travanj | svibanj | lipanj | Σ |
|----------------|----------|---------|--------|---------|---------|--------|-------|
| mm (1961-1990) | 46,4 | 42,1 | 55,8 | 63,6 | 78,7 | 100,1 | 386,6 |
| mm (2021) | 70,2 | 29,0 | 36,1 | 68,7 | 124,0 | 13,2 | 341,2 |
| odstupanje | 23,8 | -13,1 | -19,7 | 5,1 | 45,3 | -86,9 | |

mm (1961-1990) - prosjek ukupne mjesečne oborine u referentnom razdoblju

mm (2021) - ukupne mjesečne oborine

Izvor: Podaci DHMZ-a

Tijekom vegetacije pratilo se stanje salata (Slike 9. i 10.), plijevali su se korovi između salata i po putevima pokusnog polja te se kontroliralo širenje korova po rubovima polja. Sve agrotehničke mjere su provedene ručno.



Slika 9.: Stanje salata na polju 29.4.2021. Izvor: Alina Jantol



Slika 10.: Stanje salata na polju 11.5.2021. Izvor: Alina Jantol

Na polju su se nalazili razni štetnici, najviše puževi. Njih se tijekom vegetacije otklonilo i postavljene su mehaničke barijere koje su djelomično rješavale taj problem.

Tijekom vegetacije se zbog vremenskih uvjeta na cijelu površinu postavio malč od suhog otkosa trave (Slika 11.).



Slika 11. Malčirane presadnice Izvor: Alina Jantol

Prosjeck vegetacije, od sadnje presadnica do berbe, ove sorte je 40-50 dana i svojstvo sorte je iznimno dugo razdoblje do izduljivanja i prelaska u generativnu fazu (cvatnje i stvaranje sjemena) (Sakata 2021). To svojstvo je dopustilo produženi boravak salata na polju kako bi se postigli komercijalni prinosi, no nakon 60 dana primijećeno je izduživanje te se nije uspjela postići veličina rozete kakva je svojstvena za ovu sortu. Berba je provedena 63 dana nakon sadnje, odnosno, 1.6.2021. godine (Slika 12.). Berba se obavila ručno. Zbog uvijeta tokom trajanja pokusa pojedini tretmani su pretrpjeli gubitke i minimalni broj je bio 12 jedinki salate unutar tretmana.



Slika 12.:Salate na polju prije berbe. Izvor: Željka Zgorelec

Biljni materijal je odmah nakon berbe odnesen u laboratorij te se vagao ukupni prinos svakog tretmana i ponavljanja zasebno. Nakon odvage napravljen je prosječni uzorak svakog tretmana i ponavljanja. Uzimali su se unutarnji i vanjski listovi rozete podjednako. Tako pripremljeni uzorci su zatim stavljeni na sušenje u sušionik dok nisu postigli konstantnu težinu (Slika 13.).



Slika 13. Sušenje uzoraka salate u sušioniku. Izvor: Alina Jantol

3.4. Laboratorijske analize

Analize korištene u ovom istraživanju su navedene u tablici 6. zajedno s pripadajućim protokolima i matriksima na kojima su se provodile.

Tablica 6: Provedene analize u istraživanju

| Parametar | Metoda | Protokol / norma | Matriks |
|---|--|-------------------------|----------------------------|
| Priprema uzoraka za fizikalne i kemijske analize | Sušenje/sijanje/mljevenje / homogeniziranje | HRN ISO 11464:2006 | Tlo, šturkov izmet, salata |
| pH _{KCl} | Određivanje pH vrijednosti (w/v = 1 : 2,5) | HRN ISO 10390:2004 | Tlo |
| Sadržaj ukupnih karbonata (CaCO ₃) | Kalcimetar po Scheibleru | HRN ISO 10693:2004 | Tlo |
| Određivanje udjela ugljika, dušika, vodika i sumpora | CHNS analiza | HRN ISO 10694:2004 | Šturkov izmet, tlo, salata |
| Mehanički sastav tla (% praha, gline i pijeska) | Metoda prosijavanja i sedimentacije | HRN ISO 11277:2004 | Tlo |
| Specifična električna vodljivost | Elektrometrijski | HRN ISO 11265:2004 | Tlo |
| Analiza 37 elemenata | pXRF analiza, model Vanta, Olympus, 2019. | ISO 13196 | Šturkov izmet, tlo, salata |
| Humus (OT) | Bikromatna metoda | HRN ISO 14235:2004 | Tlo |
| Određivanje suhe tvari i sadržaja vode na osnovi težine | Gravimetrijska metoda | HRN ISO 11465:2004 | Šturkov izmet, salata |
| *Identificiranje gram-pozitivnih, gram-negativnih, anaerobnih bakterija i kvasaca | MALDI-TOF (Matrix-Assisted Laser Desorption/Ionization Time-Of-Flight) masena spektrometrija | HRN EN ISO 16140-6:2020 | Tlo |
| Sadržaj biljkama pristupačnog fosfora i kalija | AL metoda - ekstrakcija s amonijlaktat octenom kiselinom | (Škorić, 1982) | Tlo |

* - za analizu su zaslužni Aleksandar Gavrilović i Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, a analiza je napravljena na Institutu Ruđer Bošković

3.5. Statistička analiza

Prikupljeni podaci analiza tla i biljaka su analizirani u statističkom program SAS 9.1. (SAS Inst.Inc.). Korištene su procedura analiza varijance (ANOVA) i post-hoc T-test (Fisher (Least Significant Difference) LSD). Razina statističke značajnosti u svim testovima uzimala se na razini $p < 0.05$.

3.6. Kontrola kvalitete podataka

Kako bi se osigurala kontrola kvalitete korišteni su standardni operativni postupci i dobra laboratorijska praksa. U analizama biljnog materijala provjera točnosti mjerenja rađena je korištenjem referentnog materijala IPE 199 dok su se u analizi tla koristili referentni materijali ISE 879 i ISE 961. Preciznost mjerenja provjerena je ponavljanjima umjerenju (3x) i bila je u skladu sa zahtjevima norma.

4. Rezultati i rasprava

4.1. Šturkov izmet

Rezultati elementarne analize šturkovog izmeta mogu se vidjeti u tablici 7. Varijacije u mineralnom sastavu izmeta šturka su relativno male. Ipak mogu se jasno vidjeti kod mikroelemenata: cink, mangan, bakar i molibden. Od makroelemenata veće varijacije se mogu primijetiti u količini fosfora i dušikečiji se sadržaji razmatraju kod planiranja gnojidbe. Razlike se mogu uočiti i kod sadržaja sumpora. Iz rezultata se mogu vidjeti kako su NPK omjeri povoljni i dovoljni kako bi se ova sirovina smatrala upotrebljivom za gnojivo. Analizom šturkovog izmeta utvrđen je NPK omjer 5:1:4 te sadrži veći udio dušika od drugih organskih gnojiva s kojima se uspoređuje u tablici 8.

Tablica 7. Rezultati elementarne analize šturkovog izmeta

| | Vodik (H) % | Dušik (N) % | Ugljik (C) % | Sumpor (S) % | Fosfor (P) % | Kalij (K) % | Kalcij (Ca) % | Magnezij (Mg) % |
|-----------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|----------------|------------------|--------------------|
| PT | | 5,72 | 40,7 | 0,63 | 1,78 | 3,73 | 1,91 | 0,91 |
| NŠ | 7,64 | 5,49 | 36,67 | 0,37 | 0,54 | 4,53 | 1,65 | <LOD |
| SŠ | 7,57 | 5,51 | 37,61 | 0,38 | - | - | - | - |
| KŠ | 8,13 | 4,83 | 40,16 | 0,91 | 0,46 | 4,39 | 1,82 | <LOD |

| | Silicij (Si) % | Željezo (Fe) mg/kg | Cink (Zn) mg/kg | Mangan (Mn) mg/kg | Bakar (Cu) mg/kg | Molibden (Mo) mg/kg | Sadržaj vlage (H ₂ O)% |
|-----------|-------------------|--------------------------|--------------------|-------------------------|------------------------|---------------------------|---|
| PT | 0,19 | 966 | 613 | 383 | 33 | 3 | 2,4 |
| NŠ | 0,77 | 864 | 522 | 361 | 48 | 0,08 | - |
| KŠ | 0,85 | 831 | 230 | 464 | 21 | 0,03 | - |

PT preliminarno testiranje

SŠ sterilizirani izmet

NŠ nesterilizirani izmet

KŠ izmet šturka hranjenog kukuruzom

Iz literature je poznato kako se mineralni sastav izmeta insekata mijenja s obzirom na prehranu insekata.

Usporedbom s drugim organskim gnojivima šturkov izmet ima veće količine magnezija, željeza i cinka od drugih promotrenih gnojiva (tablica 8.). Količine mangana i bakra su unutar okvira varijabilnosti drugih gnojiva s kojima su se uspoređivale. U preliminarnom istraživanju je laboratorijski utvrđen udio vlage ove sirovine koji je iznosio 2,4 %. To je prednost zbog lakšeg rukovanja i veće koncentracije hraniva u odnosu na neka druga klasična organska

gnojiva poput kokošnjeg izmeta koji ima udio vlage i do 40 % (Lorimor i sur., 2004.). Druga gnojiva dobivena od životinjskog izmeta imaju još veće udjele vlage od kokošnjeg.

Tablica 8.:Usporedba sastava šturkovog izmeta s organskim gnojivima životinjskog podrijetla

| | Dušik (N) % | Ugljik (C) % | Fosfor (P) % | Kalij (K) % | Kalcij (Ca) % | Magnezij (Mg) % | Željezo (Fe) mg/kg | Cink (Zn) mg/kg | Mangan (Mn) mg/kg | Bakar (Cu) mg/kg |
|----|----------------|-----------------|-----------------|----------------|------------------|--------------------|--------------------------|-----------------------|-------------------------|------------------------|
| 1. | 5,35 | 39,18 | 0,93 | 4,22 | 1,79 | 0,91 | 887 | 455 | 402 | 34 |
| 2. | 5 | 39,3 | 0,2 | 0,17 | | - | | 94 | - | 10 |
| 3. | 1,79 | | 2,05 | 0,75 | 0,93 | 0,45 | 3400 | 72 | 384 | 19 |
| 4. | 1,72 | | 1,11 | 1,51 | 1,09 | 0,49 | 2900 | 48 | 416 | 142 |

1. - prosjek vrijednosti iz PŠ, NŠ i KŠuzoraka izmeta

2. - izmet vrste *Tenebrio molitor* L. (podaci prema Houben isur., 2020)

3.- goveđi izmet (podaci prema Paudel i sur., 2004)

4.- kokošji gnoj (podaci prema Paudel i sur., 2004)

Gnojivu vrste *T. molitor* (Brašnar) u istraživanjima je zabilježen brz proces mineralizacije. To bi se moglo pripisati fizičkom svojstvu veličine izmeta ove vrste. Naime izmet ove vrste po veličini podsjeća na pijesak te je time povećana površina i mogućnost razgradnje ove sirovine mikroorganizmima. Mineralizacija šturkovog gnojiva bila bi brža njegovim usitnjavanjem.

Za mineralizaciju organskih gnojiva potrebno je duže vrijeme otpuštanja hraniva te kako bi se utvrdio stvarni učinak ove sirovine u kontekstu gnojiva potrebno je provođenje dugoročnog ispitivanja tla i kultura koje se uzgajaju na njemu. Ako se koristi uzgojna površina duže od vegetacijskog ciklusa salate, kroz vrijeme, šturkov izmet bi bio u potpunosti mineraliziran i ostvario svoj puni potencijal kao gnojivo. Dugoročna ispitivanja su potrebna kako bi se istražili utjecaji na fizikalna svojstva tla koja su dosta robusna i malo promjenjiva te se u intervalu od par mjeseci koliko je trajao ovaj pokus u rezultatima ne očekuju značajne promjene.

Osim gnojiva i poboljšivača tla ova sirovina se ispituje u prehrani riba u akvakulturi. Zbog visokog udjela hranjivih tvari u ovoj sirovini i prirodne povezanosti gljivičnih organizama s razlaganjem ostataka insekata moglo bi se ispitati korištenje ove sirovine u uzgoju gljiva.

Europska Unija ima propisani legislativni okvir (EC 834/2007) koji odobrava određene sirovine za korištenje u ekološkoj poljoprivredi (Europska Komisija 2019). Zbog kontroliranih uvjeta proizvodnje šturaka postoji mogućnost uvođenja ove sirovine na listu gnojiva koja se mogu koristiti u ekološkoj poljoprivredi i time dodati vrijednost proizvodu. Trenutno je zbog

skale proizvodnje ova sirovina skupa. Zbog manjka gnojiva za ekološku proizvodnju na tržištu, takav status bi izdvojio šturkov izmet i dodatno opravdao cijenu ove sirovine.

Slična istraživanja su utvrdila kako postoji povezanost između primjene izmeta insekata i poželjne mikrobiološke aktivnosti u tlu što u ovom istraživanju nije zabilježeno. Navedena kategorija bi također mogla biti bolje istraжена u pokusu s više kontrole nad medijem za rast biljaka npr. u pokusu s posudama.

4.2. Tlo

Izmjereni su parametri kojima se utvrđuje kakvoća tla te su rezultati prikazani u tablici 9.

Prema trokutu za determinaciju teksture (FAO, 2006) i podacima provedenih analiza, tlo korišteno u ovom istraživanju je teksturom praškasta ilovača. Izmjereni pH svrstava ovo tlo u tla slabe alkalne reakcije (HAPIH, 2020). S obzirom na utvrđenu reakciju tlasadržaj raspoloživog fosforai kalija svrstava ovo tlo u razred dobro opskrbljenih za fosfor i slaboopskrbljenih za kalij (HAPIH, 2020). Postotak humusa ovo tlo stavlja u umjereno humozno (HAPIH, 2020). Udio dušika ovo tlo čini umjereno opskrbljenim (HAPIH, 2020). Iz dobivenih podataka izračunat je kationski izmjenjivački kapacitet (KIK) te iznosi $9,696 \text{ cmol}^+\text{kg}^{-1}$ koji u prosjeku iznosi između 5 i $35 \text{ cmol}^+\text{kg}^{-1}$ (Vukadinović, 2017). Prema udjelu karbonata analizirano tlo spada u slabo karbonatno (HAPIH, 2020). Mala vrijednost električne provodljivosti ukazuje na nezaslanjeno tlo (HAPIH, 2020).

Tablica 9: Rezultati analiza za fizikalna i kemijska svojstva tla prije postavljanja pokusa

| Uzorak | pH (u KCl) | EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$) | P ₂ O ₅ (mg/100g) | K ₂ O (mg/100 g) | Humus, % | CaCO ₃ (%) |
|--------|------------|--------------------------------|--|--------------------------------|-------------|--------------------------|
| 0 | 7,34 | 201 | 15,7 | 10,6 | 2,93 | 3,71 |
| N, % | C, % | S, % | H, % | Pijesak (%) | Prah (%) | Glina (%) |
| 0,15 | 1,94 | 0,07 | 0,9 | 6 | 79 | 15 |

Analiza tla prije postavljanja pokusa pokazala je kako je tlo koje se koristilo u ovom istraživanju imalo količine organske tvari za koje nije bila potrebna osnovna gnojidba što može prouzrokovati teže razabiranje razlika i učinaka primjene šturkovog izmeta u istraživanju. Reakcija tla koja je slabo alkalna nije idealna za uzgoj salate koja preferira slabo kiselu reakciju (Parađiković, 2011), no adekvatna je za uspješan uzgoj ove kulture. Salata ne podnosi zaslanjena tla te je u tom pogledu korišteno tlo bilo pogodno za uzgoj salate (Parađiković, 2011).

Rezultatima mikrobiološke analize identificirane su sljedeće vrste: *Bacillus cereus*, *Bacillus megaterium*, *Enterobacter asburiae*, *Enterobacter cloacae*, *Enterobacter bugandensis*, *Enterobacter kobei*, *Pseudomonas monteili* i *Paeni bacillus* sp. Nisu utvrđene razlike među tretmanima te se nije radila daljnja analiza.

U tablici 10. prikazani su rezultati kemijskih analiza i elementarne analize za udio dušika, ugljika, sumpora i vodika u tlu. Rezultati statističke analize mogu se vidjeti u donjem dijelu tablice u kojem se nalazi iznos prosjeka. Statističke razlike ($p < 0,05$) mogu se uočiti za sve parametre osim sumpora, vodika i C/N odnosa. Razlike se odnose na uzorak 0 usporedno s tretmanima iz pokusa. Poznate razlike između uzorka 0 od onih u pokusu su primjena agrotehničkih zahvata i malču koji se nalazio na tlu za vrijeme trajanja pokusa.

Tablica 10. Rezultati analize tla za kemijska svojstva i udio dušika, ugljika, sumpora i vodika

| Tretman i repeticija | pH | PAL mg/100g | KAL mg/100g | N % | C % | S % | H % | C/N | N/S |
|----------------------|--------|-------------|-------------|---------|--------|---------|--------|---------|--------|
| 0-1. | 7,28 | 14,1 | 10,5 | 0,155 | 1,88 | 0,08 | 0,86 | 12,1 | 1,9 |
| 0-2. | 7,47 | 17,4 | 11,2 | 0,154 | 2,00 | 0,061 | 0,949 | 13,0 | 2,5 |
| 0-3. | 7,26 | 15,7 | 10,2 | 0,153 | 1,95 | 0,061 | 0,888 | 12,7 | 2,5 |
| τI-1. | 7,83 | 27,8 | 19,0 | 0,175 | 2,28 | 0,047 | 0,725 | 13,0 | 3,7 |
| τI-2. | 7,82 | 25,7 | 21,9 | 0,185 | 2,28 | 0,044 | 0,732 | 12,3 | 4,2 |
| τI-3. | 7,83 | 30,7 | 20,8 | 0,180 | 2,30 | 0,047 | 0,757 | 12,8 | 3,8 |
| τII-1. | 7,82 | 29,0 | 23,0 | 0,179 | 2,54 | 0,044 | 0,728 | 14,2 | 4,1 |
| τII-2. | 7,83 | 24,5 | 20,8 | 0,177 | 2,12 | 0,041 | 0,681 | 12,0 | 4,3 |
| τII-3. | 7,79 | 28,2 | 21,2 | 0,174 | 2,23 | 0,042 | 0,721 | 12,8 | 4,1 |
| τIII-1. | 7,81 | 34,8 | 21,9 | 0,177 | 2,26 | 0,045 | 0,722 | 12,8 | 3,9 |
| τIII-2. | 7,81 | 57,0 | 19,3 | 0,174 | 2,09 | 0,044 | 0,710 | 12,0 | 4,0 |
| τIII-3. | 7,82 | 32,7 | 23,0 | 0,183 | 2,40 | 0,045 | 0,725 | 13,1 | 4,1 |
| 0 | 7,34 B | 15,73 B | 10,63 B | 0,154 B | 1,94 B | 0,067 A | 0,899A | 12,62 A | 2,32 B |
| τI | 7,83 A | 28,07 A | 20,57 A | 0,180 A | 2,29 A | 0,046 B | 0,738B | 12,70 A | 3,92 A |
| τII | 7,81 A | 27,23 A | 21,67 A | 0,177 A | 2,30 A | 0,042 B | 0,710B | 12,99 A | 4,18 A |
| τIII | 7,81 A | 41,50 A | 21,40 A | 0,178 A | 2,25 A | 0,045 B | 0,719B | 12,63 A | 3,98 A |
| LSD | 0,11 | 13,12 | 2,56 | 0,007 | 0,26 | 0,011 | 0,052 | 1,28 | 0,42 |

Varijante koje imaju označena ista slova unutar stupcanisu statistički značajno različite.

U tablici 11. prikazani su rezultati elementarne analize. Pored iznosa prosjeka analiziranih uzoraka za pojedine tretmane napisana su slova A,B i C koja prikazuju rezultate statističke analize. Rezultati unutar stupca kojima je pridodano isto slovo se statistički značajno ne razlikuju ($p < 0,05$).

Statistički značajne razlike utvrđene su između tretmana u pokusu. Radi se o razlikama u srednjim vrijednostima količine elemenata stroncija, bakra, vanadija, barija, fosfora i kobalta tesrednjoj vrijednosti količinebiljkama pristupačnog fosfora (tablica 10. i 11.).

Tratman τII (nesterilizirani šturkov izmet) među kontrolnim i τIII tretmanom razlikuje se u većoj količini bakra, vanadija i kobalta. τIII (sterilizirani šturkov izmet) ističe se sa najviše fosfora i biljci pristupačnog fosfora te sa statistički značajno manjom količinom barija i stroncija.

Tablica 11.: Rezultati analize tla za mineralni sastav

| | <i>Al</i> | <i>Si</i> | <i>Ca</i> | <i>Fe</i> | <i>K</i> | <i>Co</i> | <i>P</i> |
|------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| | <i>g/kg</i> | <i>g/kg</i> | <i>g/kg</i> | <i>g/kg</i> | <i>mg/kg</i> | <i>mg/kg</i> | <i>mg/kg</i> |
| 0 | 134013 B | 395328 B | 23720 A | 50589 A | 17817 A | 13 B | 266 C |
| τI | 140346 A | 407404 A | 23809 A | 50116 B | 18048 A | 20 AB | 400 AB |
| τII | 140594 A | 412442 A | 24071 A | 49821 B | 17985 A | 26 A | 384 B |
| τIII | 141604 A | 410095 A | 23979 A | 49984 B | 18076 A | 19 AB | 415 A |
| LSD | 3293 | 9029 | 1368 | 469 | 382 | 8,44 | 26 |
| | <i>V</i> | <i>Rb</i> | <i>As</i> | <i>Ba</i> | <i>Zn</i> | <i>Zr</i> | <i>Sr</i> |
| | <i>mg/kg</i> | <i>mg/kg</i> | <i>mg/kg</i> | <i>mg/kg</i> | <i>mg/kg</i> | <i>mg/kg</i> | <i>mg/kg</i> |
| 0 | 119 C | 108 A | 29 A | 648 A | 126 A | 251 A | 156 A |
| τI | 142 CB | 107 A | 28 A | 538 AB | 123 A | 246 A | 155 AB |
| τII | 197 A | 107 A | 27 A | 559 AB | 125 A | 246 A | 153 BC |
| τIII | 161 B | 107 A | 29 A | 474 B | 125 A | 247 A | 152 C |
| LSD | 26 | 3 | 3 | 141 | 7 | 16 | 2 |
| | <i>Pb</i> | <i>Ti</i> | <i>Cu</i> | <i>Mn</i> | <i>Nb</i> | <i>Y</i> | <i>Th</i> |
| | <i>mg/kg</i> | <i>mg/kg</i> | <i>mg/kg</i> | <i>mg/kg</i> | <i>mg/kg</i> | <i>mg/kg</i> | <i>mg/kg</i> |
| 0 | 33 A | 6729 A | 61 A | 1412 A | 18 A | 38 A | 11,00 |
| τI | 34 A | 6673 A | 58 AB | 1378 A | 18 A | 38 A | 8,35 |
| τII | 32 A | 6737 A | 60 A | 1404 A | 17 A | 39 A | 6,68 |
| τIII | 32 A | 6608 A | 54 B | 1370 A | 17 A | 39 A | 6,68 |
| LSD | 3 | 275 | 4 | 70 | 3 | 3 | |

Varijante koje imaju označena ista slova unutar stupca nisu statistički značajno različite.

4.3. Salata

Osnovni pokazatelji kvaliteta i kvantitete salate prikazani su u tablici 12. Prinosi u usporedbi s onim u komercijalnoj proizvodnji, u prosjeku od 20 do 40 t ha⁻¹ su drastično manji (Lončarić i sur., 2015).

Zbog manjih prinosa od onih u komercijalnoj proizvodnji, taj parametar se uspoređivao među promatranim tretmanima. Najbolji rezultat je postignut u tretmanu sII s običnim šturkovim izmetom u drugom ponavljanju (31,84 t/ha) gdje se prinos može mjeriti s onim u komercijalnoj proizvodnji što ukazuje na mogućnost postizanja potrebnih rezultata prinosa korištenjem ove sirovine u komercijalnoj proizvodnji salate (Slika 14.). Tretman sII (nesterilizirani šturkovi izmet) imao je i najveći udio suhe tvari u biljnom materijalu. Kontrolni tretman je konzistentno postizao najniže vrijednosti.

Tablica 12: Rezultati analize prinosa salate i udjela dušika, ugljika, sumpora i vodika

| Tretman | | prinos g/m ² | Udio ST | N % | C % | S % | H % | Prinos t/ha | prinos t/ha u ST |
|---------|---|----------------------------|------------|--------|---------|---------|--------|----------------|------------------------|
| sI | 1 | 1816,7 | 8,54 | 2,96 | 33,88 | 0,181 | 6,39 | 18,17 | 1,55 |
| sI | 2 | 1029,6 | 9,04 | 2,98 | 34,35 | 0,165 | 6,18 | 10,30 | 0,93 |
| sI | 3 | 565,3 | 9,88 | 2,80 | 34,15 | 0,172 | 6,44 | 5,65 | 0,56 |
| sII | 1 | 787,4 | 10,14 | 2,45 | 34,07 | 0,171 | 6,49 | 7,87 | 0,80 |
| sII | 2 | 3183,7 | 7,45 | 2,98 | 35,21 | 0,179 | 6,76 | 31,84 | 2,37 |
| sII | 3 | 1170,3 | 10,41 | 2,26 | 34,81 | 0,161 | 6,76 | 11,70 | 1,22 |
| sIII | 1 | 1734,4 | 8,77 | 2,83 | 32,09 | 0,158 | 5,94 | 17,34 | 1,52 |
| sIII | 2 | 1544,6 | 8,66 | 2,39 | 31,65 | 0,129 | 5,74 | 15,45 | 1,34 |
| sIII | 3 | 1171,2 | 9,61 | 2,51 | 33,76 | 0,123 | 6,19 | 11,71 | 1,13 |
| sI | | 1137,2 A | 9,16 A | 2,91 A | 34,13 A | 0,173 A | 6,34 A | 11,37 A | 1,01 A |
| sII | | 1713,8 A | 9,33 A | 2,56 A | 34,69 A | 0,171 A | 6,67 A | 17,14 A | 1,46 A |
| sIII | | 1483,4 A | 9,01 A | 2,58 A | 32,50 B | 0,137 B | 6,96 B | 14,83 A | 1,33 A |
| LSD | | 1687,2 | 21,31 | 0,51 | 1,45 | 0,03 | 0,36 | 16,97 | 11 |

Varijante koje imaju označena ista slova unutar stupca nisu statistički značajno različite.

Jedan od pokazatelja kvalitete salate je sadržaj dušika. Prema literaturi manji sadržaj dušika je povoljniji za ljudsko zdravlje (Liu i sur., 2014). Rezultati analize ukazuju kako tretmani na kojima je korišten šturkov izmet imaju manji sadržaj dušika od onog kontrolnog, no bez statistički značajne razlike.

U statističkoj analizi ANOVA gledaju se razlike između i unutar grupa te ovisno o tim razlikama se matematički procjenjuje koja razlika je od statističkog značaja. Velika varijabilnost povećava potrebnu razliku među uzorcima koja bi se smatrala značajnom. Tako je za prinose salate koji su bili u prosjeku 1137,2 g/m² za kontrolni tretman, 1713,8 g/m² za tretman s običnim šturkovim izmetom i 1483,4 g/m² u trećem tretmanu sa steriliziranim šturkovim izmetom izračunata najmanja značajna razlika (LSD) od 1687,2 g kako bi se prinosi značajno razlikovali. Takvu razliku u uvjetima i veličini pokusa nije bilo realno očekivati.

Statistički značajna razlika je utvrđena u sadržaju sumpora i vodika među tretmanima. Tretman sIII (sterilizirani šturkov izmet) imao je značajno manju količinu supora i veću količinu vodika od ostalih tretmana.



Slika 14.: Salata na pokusnom polju, tretman sII, ponavljanje 2. Izvor: Alina Jantol

Vremenski uvjeti za vrijeme trajanja pokusa pokazali su se nepovoljnim i imali su utjecaj na povećanu varijabilnost, produženi vijek pokusa, postizanje manjih od predviđenih prinosa. Temperature iznad 20 °C nepovoljno utječu na prinos i kvalitetu salate (Parađiković, 2011), a dana s takvom prosječnom temperaturom je bilo dva tijekom trajanja ovog pokusa.

Tijekom vegetacije su primijećena oštećenja uzrokovana niskim temperaturama i štete nametnika poput puževa. Najvećim dijelom su štetu radili puževi golaći (Slika 15.). Sadnice su bile djelomično zaštićene malčem suhog otkosa, no vremenske prilike su imale vidni negativni utjecaj na rast i razvoj biljaka u daljnjoj vegetaciji.



Slika 15.: Šteta na salati koju su uzrokovali puževi. Izvor: Alina Jantol

Na varijabilnost među tretmanima moguće je utjecala kompeticija s travom oko pokusnog polja. Pozicija unutar polja je mogla imati i utjecaja na izloženost nametnicima i štetočinama.

Tablica 13. sadrži rezultate elementarne analize biljnog materijala i moguće je usporediti tretmane prema količini pojedinih elemenata. Prema Lešić i sur. (2004) zastupljenost minerala u listovima salate (%) je sljedeća: kalij- 0,133-0,530, fosfor 0,21-0,68, kalcij 0,13-0,60, sumpor 0,15. Trogodišnje istraživanje sastava salate u poljskim uvjetima uzgoja, gdje se istraživao učinak gnojidbe sa spojevima joda i selena Smoleña i suradnika (2015) kontrolni tretman unutar par godina istraživanja sadržavao sljedeće raspone elemenata (%): fosfor 0,4 - 0,7, kalij 6 - 7,5, kalcij 1 - 1,6, sumpor 0,10 - 0,25. U ovom istraživanju se radi o sljedećim rasponima navedenih elemenata (%): fosfor 0,3 - 0,4, kalij 5,4 - 5,6, kalcij 2, sumpor 0,1 - 0,2.

Tablica 13. Rezultati analize salate za mineralni sastav

| | Al | Fe | Mn | Si | As | Cd | Mo | Rb |
|------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | % | % | % | % | µg/kg | µg/kg | µg/kg | µg/kg |
| sI | 0,4118 A | 0,5354 A | 0,0212 A | 2,7205 A | 2,15 A | 0,07 A | 0,125 | 22 A |
| sII | 0,3739 A | 0,4612 A | 0,0172 A | 2,7270 A | 1,99 A | 0,05 A | 0,125 | 20 A |
| sIII | 0,4670 A | 0,5542 A | 0,0206 A | 3,3621 A | 2,15 A | 0,07 A | 0,125 | 24 A |
| LSD | 0,127 | 0,185 | 0,0053 | 1,0516 | 0,5306 | 0,02 | | 4,1 |
| | K | P | Ca | | Ti | Zn | Cu | Sr |
| | mg/kg | mg/kg | % | | % | % | % | % |
| sI | 55973 A | 3394 A | 2,00 A | sI | 0,0287 A | 0,0030 A | 0,0014 A | 0,0059 A |
| sII | 54172 A | 3474 A | 2,04 A | sII | 0,0255 A | 0,0026 A | 0,0013 A | 0,0057 A |
| sIII | 55110 A | 3206 A | 1,98 A | sIII | 0,0317 A | 0,0028 A | 0,0014 A | 0,0057 A |
| LSD | 16363 | 1850 | 0,30 | LSD | 0,01 | 0,0004 | 0,0004 | 0,001 |

Varijante koje imaju označena ista slova unutar stupca nisu statistički značajno različite.

Tretman sII je ostvario najmanje količine dušika te najveće količine kalcija i fosfora. Također je u tom tretmanu utvrđena najmanja količina titana, cinka, bakra, aluminijsa, željeza,

mangana i kalija (Tablica 13). Količina magnezija u salati je bila ispod granice detekcije (<LOD). Granica detekcije za magnezij je 3500 mgkg^{-1} suhe tvari te je zaključeno kako je ovog elementa bilo manje od tog iznosa u uzorcima salate.

Iako rezultati ovog istraživanja nisu dali značajne razlike u glavnim parametrima kvalitete i kvantitete prinosa, očitani trendovi ukazuju na pozitivan utjecaj ove sirovine na biljni materijal.

5. Zaključak

Provedeno istraživanje ostvarilo je ciljeve utvrđivanja elementarnog sastava izmeta šturka. Usporedbom ove sirovine s drugima na tržištu koje se koriste u svrhu gnojidbe uviđa se povoljni elementarni sastav i potvrdila se legitimnost korištenja izmeta šturka u tom kontekstu. U biljnom materijalu za ispitivane parametre nije bilo statistički značajnih razlika pomoću kojih bi se mogla utvrditi povoljnost korištenja ove sirovine u gnojidbi salate no trendovi ukazuju na potencijal te su potrebna daljnja istraživanja koja bi utvrdila pretpostavljene pogodnosti.

Povoljni utjecaj može se utvrditi u povećanim količinama fosfora i fosfora dostupnog biljkama u tlu na kojemu se koristila ova sirovina. U ovom istraživanju nisu nađene razlike u količinama povoljnih mikroorganizama u tlu s obzirom na korištenje ove sirovine te se o korištenju šturkovog izmeta kao poboljšivača tla nisu donijeli zaključci.

Buduća istraživanja, na temelju uvida u nedostatke ovog, mogla bi polučiti specifične i značajne rezultate. Kako bi se izbjegla problematika vezana uz nepredvidljive uvjete na polju, i kako bi se dobili specifičniji rezultati, preporučuju se daljnja istraživanja u zaštićenom prostoru i u posudama u tlima siromašnim dušikom.

Rezultati dobiveni u ovom istraživanju potvrđuju visoku hranjivost ove sirovine te se predlažu istraživanja u drugim agronomskim područjima, poput uzgoja gljiva, kako bi se povećao spektar mogućnosti korištenja šturkovog izmeta u poljoprivredi.

Ovo istraživanje doprinosi otvaranju specifičnih pitanja i problematika kako bi se nusproizvod ove nove industrije što bolje iskoristio i uklopio u održivi i cirkularni razvoj te odgovara na neka temeljna pitanja poput sastava šturkovog gnojiva i usporedbe istog s drugim proizvodima na tržištu.

Literatura

1. Arru B, Furesi R, Gasco L, Madau F., Pulina P. (2019). The introduction of insect meal into fish diet: The first economic analysis on European sea bass farming. *Sustain* 11:1–16. <https://doi.org/10.3390/su11061697>
2. Behie SW., Bidochka MJ. (2013). Insects as a nitrogen source for plants. *Insects* 4:413–424. <https://doi.org/10.3390/INSECTS4030413>
3. Bryrne J. (2021). EU authorizes use of PAPs in pig and poultry feed. <https://www.feednavigator.com/Article/2021/08/17/EU-authorizes-use-of-PAPs-in-pig-and-poultry-feed>. Accessed 22 Aug 2021
4. Cameron S i Hauwanga K. (2021). How 50 Million Crickets Are Harvested a Week to Become Food. <https://www.insider.com/how-50-million-crickets-harvested-a-week-become-food-2021-4>. Accessed 16 Aug 2021
5. Ortiz, J.A., Torres Ruiz, A., Morales Ramos, J.A., Thomas, M., Rojas, M.G., Tomerlin, J.K. (2016). Insect Mass Production Technologies
6. Culliney, Thomas W. (2013). "Role of Arthropods in Maintaining Soil Fertility" *Agriculture* 3, no. 4: 629-659. <https://doi.org/10.3390/agriculture3040629>
7. Darby H., Cummings E., Ruhl L., Ziegler S. (2017). Cricket Frass as a Potential Nitrogen Fertility Source. *Northwest Crop Soils Progr* 86:
8. Didham R., Basset Y. F., Collins C.M., Leather S., Littlewood N.A., Menz M.H.M., Müller J., Packer L., Saunders M.E., Schönrogge K. , Stewart A., Yanoviak S.P., Hassall C. (2020). Interpreting insect declines: seven challenges and a way forward. *Insect Conserv Divers* 13:103–114. <https://doi.org/10.1111/ICAD.12408>
9. Europska Komisija. (2019). Frequently asked questions ON ORGANIC RULES. In: Comm. Eur. Commissie, 1049 Bruxelles/Brussel,. https://ec.europa.eu/info/sites/default/files/food-farming-fisheries/farming/documents/organic-rules-faqs_en_0.pdf. Accessed 28 Aug 2021
10. Fabek, S., Toth, N., Ćurić, K., Skrlec, P., Bilić, D. P., & Čoga, L. (2016). The effect of dehydrated organic fertilizers on the lettuce mineral content. *Acta Hort* 1142:293–298. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1142.44>
11. Facts and figures | Royal Entomological Society. <https://www.royensoc.co.uk/facts-and-figures>. Accessed 28 Aug 2021
12. Global Edible Insects Market. (2021 to 2027). Environmental Benefits is Driving Growth. (n.d.). Retrieved August 30, 2021, from <https://www.prnewswire.com/news-releases/global-edible-insects-market-2021-to-2027---environmental-benefits-is-driving-growth-301206304.html>
13. HAPIH (Hrvatska Agencija za Poljoprivredu i Hranu, 2020,:Tehnološke upute za tumačenje analiza tla za praćenje stanja poljoprivrednog zemljišta,Osijek,

- veljača 2020. <https://www.hapih.hr/wpcontent/uploads/2020/03/Tehnolo%C5%A1ke-upute-14022020.pdf>. Accessed 12.9.2021.
14. Hochmuth, G., E. Hanlon, R. Nagata, G. Snyder, and T. Schueneman. (2009). Fertilization Recommendations for Crisphead Lettuce Grown on Organic Soils in Florida 1
 15. Houben D., Daoulas G., Faucon MP., Dulaurent AM. (2020) Potential use of mealworm frass as a fertilizer: Impact on crop growth and soil properties. *Sci Rep* 10:1–9. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-61765-x>
 16. HRN EN ISO 13196:2015- Kvaliteta tla -- Provjera tla za odabrane elemente rendgenskom fluorescentnom spektrometrijom uporabom ručnog ili prijenosnog instrumenta (ISO 13196:2013; EN ISO 13196:2015)
 17. HRN EN ISO 16140-6:2020- Mikrobiologija u lancu hrane -- Validacija metode -- 6. dio: Protokol za validaciju alternativnih (zaštićenih) metoda za postupke mikrobiološke potvrde i tipizacije (ISO 16140-6:2019; EN ISO 16140-6:2019)
 18. HRN ISO 10390, 2004: Kakvoća tla – Određivanje pH vrijednosti
 19. HRN ISO 10693:2004: Kakvoća tla -- Određivanje sadržaja karbonata -- Volumetrijska metoda (ISO 10693:1995)
 20. HRN ISO 11261:2004 Kakvoća tla – Određivanje ukupnog dušika – Prilagođena Kjeldahlova metoda
 21. HRN ISO 11265:2004 Kakvoća tla – Određivanje specifične električne vodljivost
 22. HRN ISO 11277:2004 Kakvoća tla – Određivanje raspodjele veličine čestica u mineralnom dijelu tla – Metoda prosijavanja i sedimentacije
 23. HRN ISO 11464:2009 Priprema uzorka za fizikalno-kemijske analize (ISO 11464:2006)
 24. HRN ISO 11465:2004 Kakvoća tla – Određivanje suhe tvari i sadržaja vode na osnovi mase – Gravimetrijska metoda
 25. HRN ISO 14235:2004 Kakvoća tla – Određivanje organskog ugljika sulfokromnom oksidacijom
 26. Insektarij (2021). O nama :: insektarij.com. <https://www.insektarij.com/o-nama/>. Accessed 10 Aug 2021
 27. Jeff Lorimor, Wendy Powers i Al Sutton (2004.), *Manure Characteristics, Manure Management Systems Series, MWPS-18, 2004, MidWest Plan Service, Iowa State University, Ames, Iowa 50011-3080 (515-294-4337)*
 28. Klammsteiner T, Turan V, Fernández-Delgado Juárez M, Oberegger S, Insam H. (2020). Suitability of Black Soldier Fly Frass as Soil Amendment and Implication for Organic Waste Hygienization. <https://doi.org/10.3390/agronomy10101578>
 29. Kronberg SL, Provenza FD, van Vliet S, Young SN. (2021). Review: Closing nutrient cycles for animal production – Current and future agroecological and socio-economic issues. *Animal* 100285. <https://doi.org/10.1016/j.animal.2021.100285>
 30. Lešić, R., Borošić, J., Butorac, I., Herak – Ćustić, M., Poljak, M., Romić, D. (2004). *Povrćarstvo. II dopunjeno izdanje. Udžbenici Sveučilišta u Zagrebu. Manualia Universitatis studiorum Zagrabienis. Agronomski fakultet – Zrinski d.d., Čakovec*

31. Liu CW, Sung Y, Chen BC, Lai HY. (2014). Effects of nitrogen fertilizers on the growth and nitrate content of lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Int J Environ Res Public Health* 11:4427–4440. <https://doi.org/10.3390/ijerph110404427>
32. Lončarić Z, Parađiković N., Popović B., Lončarić R., Kanisek J. (2015). Gnojidba povrća, organska gnojiva i kompostiranje, Priručnik, Poljoprivredni fakultet u Osijeku Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
33. Mampholo BM., Maboko MM., Soundy P., Sivakumar D. (2016). Phytochemicals and Overall Quality of Leafy Lettuce (*Lactuca sativa* L.) Varieties Grown in Closed Hydroponic System. *J Food Qual* 39:805–815. <https://doi.org/10.1111/jfq.12234>
34. Narodne Novine, (2003). Zakon o gnojivima i poboljšivačima tla. https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2003_10_163_2346.html. Accessed 13 Sep 2021
35. Narodne Novine, (2012). Pravilnik o najvećim dopuštenim količinama određenih kontaminanata u hrani. https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2012_12_146_3162.html. Accessed 12 Sep 2021
36. Parađiković N. (2011). Osnove proizvodnje povrća, Katava d.o.o Osijek
37. Paudel KP, Sukprakarn S, Sidathani K, Osotsapar Y. (2004). Effects of Organic Manures on Production of Lettuce (*Lactuca sativa* L.) in Reference to Chemical Fertilizer. *Nat Sci* 38:31–37
38. Pikaar I, Matassa S, Bdirsky BL, Weindl I, Humpenöder F, Rabaey K, Boon N, Bruschi M, Yuan Z, van Zanten H, Herrero M, Verstraete W, Popp A. (2018). Decoupling Livestock from Land Use through Industrial Feed Production Pathways. *Environ Sci Technol* 52:7351–7359. <https://doi.org/10.1021/ACS.EST.8B00216>
39. Poveda J., Jiménez-Gómez A., Saati-Santamaría Z., Usategui-Martín R., Rivas R., García-Fraile P. (2019). Mealworm frass as a potential biofertilizer and abiotic stress tolerance-inductor in plants. *Appl Soil Ecol* 142:110–122. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2019.04.016>
40. Quilliam, R.S., Nuku-Adeku, C., Maquart, P., Little, D. ; Newton, R., Murray, F. (2020). Integrating insect frass biofertilisers into sustainable peri-urban agro-food systems. *J Insects as Food Feed* 6:315–322. <https://doi.org/10.3920/JIFF2019.0049>
41. Schmitt E, de Vries W. (2020). Potential benefits of using *Hermetia illucens* frass as a soil amendment on food production and for environmental impact reduction. *Curr Opin Green Sustain Chem* 25:100335. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2020.03.005>
42. Shockley, M., & Dossey, A. T. (2013). Insects for Human Consumption. *Mass Production of Beneficial Organisms: Invertebrates and Entomopathogens*, 617–652. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-391453-8.00018-2>
43. Smoleń, S., Skoczylas, Łukasz, Rakoczy, R., Ledwożyw-Smoleń, I., Kopeć, A., Piątkowska, E., Bieżanowska-Kopeć, R., Pysz, M., Koronowicz, A., Kapusta-Duch, J., & Sady, W. (2015). Mineral Composition of Field-grown Lettuce (*Lactuca sativa* L.) Depending on the Diversified Fertilization With Iodine and Selenium Compounds. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 14(6), 97-114. Retrieved from <https://czasopisma.up.lublin.pl/index.php/asphc/article/view/2645>

44. Škorić, A. (1982). Priručnik za pedološka istraživanja. Fakultet Poljoprivrednih znanosti. Zagreb
45. UN - United Nations New York. (2019). Department of Economic and Social Affairs Population Division World Population Prospects 2019 Highlights.
46. Walker TJ. (1969). Jamaican Field Cricket, *Gryllus assimilis* (Fabricius) (Insecta: Orthoptera: Gryllidae). *Edis* 2003:1–2. <https://doi.org/10.32473/edis-in226-1999>
47. Yin, N., Cai, X., Chen, X., Du, H., Xu, J., Wang, L., Sun, G., & Cui, Y. (2017). Investigation of bioaccessibility of Cu, Fe, Mn, and Zn in market vegetables in the colon using PBET combined with SHIME. *Scientific Reports* 2017 7:1, 7(1), 1–7. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-17901-1>
48. Zahn NH. (2017). The effects of insect frass created by *Hermetia illucens* on Spring onion growth and soil fertility. *Univ Stirling* 1–65

Životopis:

Alina Jantol, univ. bacc. ing. agr. rođena je 24.9.1991. u Zagrebu. Završava Gornjogradsku gimnaziju u Zagrebu 2010. godine. Visoko obrazovanje započinje 2016. godine na Agronomskom fakultetu na Sveučilištu u Zagrebu, a 2019. godine završava preddiplomski studij "Ekološka poljoprivreda" završnim radom "Permakultura i voćarstvo" koji je objavljen u Glasniku zaštite bilja 6/2020.

Koristi se engleskim jezikom na visokoj razini razumijevanja i upotrebe talijanskim jezikom na osnovnoj razini. Računalno je pismena u osnovnim "Office" programima u operativnim sistemima "Windows" i "Linux". Pozna je programe za grafičko oblikovanje poput "Gimp-a". Posjeduje certifikat e-tečaja "Srce" osnovne i napredne razine korištenja programa "Excel".

S volontiranjem kreće 2006. godine završavanjem tečaja za vođe "Jata" u Hrvatskom savezu izviđača. Druge volonterske aktivnosti uključuju sudjelovanje uradu udruge Kopriva u kojoj pohađa razne radionice vezane za nevladine udruge i organizaciju. U Erasmus plus programu "Mobility of youth workers": Eco- Building a Better World sudjeluje 2015. godine, a 2019. godine volontira u programu "European Solidarity Corps: Outward Bound Sumartin"

Tečaj permakulture završava 2013. godine u mentorstvu Miroslava i Karmele Kiš. Dugo godina amaterski se bavi crtanjem, slikanjem, modnim crtanjem, pisanjem, dizajnom instalacija u prostoru i animacijom. Ostale aktivnosti uključuju planinarenje, avanturizam i vrtlarenje.