

# Utjecaj prihrane mikrokapsulama s cinkom na agronomska i morfološka svojstva predivog lana

---

Kljajić, Filip

Master's thesis / Diplomski rad

2022

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:049222>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2024-05-30**



Repository / Repozitorij:

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



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

**AGRONOMSKI FAKULTET**

**UTJECAJ PRIHRANE MIKROKAPSULAMA S CINKOM NA  
AGRONOMSKA I MORFOLOŠKA SVOJSTVA PREDIVOG  
LANA**

DIPLOMSKI RAD

Filip Kljajić

Zagreb, rujan, 2022.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU**  
**AGRONOMSKI FAKULTET**

Diplomski studij:

Biljne znanosti

**UTJECAJ PRIHRANE MIKROKAPSULAMA S CINKOM NA  
AGRONOMSKA I MORFOLOŠKA SVOJSTVA PREDIVOG  
LANA**

DIPLOMSKI RAD

Filip Kljajić

Mentor: prof. dr. sc. Jasminka Butorac

Zagreb, rujan, 2022.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU

**AGRONOMSKI FAKULTET**

**IZJAVA STUDENTA**

O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Filip Kljajić**, JMBAG: 0178100666, rođen 23.09.1994 u Zgrebu, izjavljujem da sam samostalno izradio diplomski rad pod naslovom:

**UTJECAJ PRIHRANE MIKROKAPSULAMA S CINKOM NA AGRONOMSKA I MORFOLOŠKA  
SVOJSTVA PREDIVOG LANA**

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedini autor 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 upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

*Potpis studenta*

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
**AGRONOMSKI FAKULTET**

**IZVJEŠĆE**

O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA

Diplomski rad studenta Filip Kljajić, JMBAG: 0178100666, naslova

**UTJECAJ PRIHRNE MIKROKAPSULAMA S CINKOM NA AGRONOMSKA I  
MORFOLOŠKA SVOJSTVA PREDIVOG LANA**

obranjen je i ocijenjen ocjenom \_\_\_\_\_, dana \_\_\_\_\_.

Povjerenstvo:

potpisi:

- |    |                                       |        |       |
|----|---------------------------------------|--------|-------|
| 1. | prof. dr. sc. Jasminka Butorac        | mentor | _____ |
| 2. | prof. dr. sc. Marko Vinceković        | član   | _____ |
| 3. | izv. prof. dr. sc. Luna Maslov Bandić | član   | _____ |

## Sadržaj

|                                                |    |
|------------------------------------------------|----|
| 1. Uvod .....                                  | 1  |
| 1.1. Cilj istraživanja.....                    | 2  |
| 2. Pregled literature .....                    | 3  |
| 2.1. Prihrana lana cinkom.....                 | 3  |
| 2.2. Mikro kapsule.....                        | 5  |
| 3. Stanišni čimbenici.....                     | 6  |
| 3.1. Tlo.....                                  | 6  |
| 3.2. Vremenske prilike tokom istraživanja..... | 7  |
| 4. Materijali i metode.....                    | 9  |
| 4.1. Priprava mikro kapsula.....               | 13 |
| 5. Rezultati istraživanja i rasprava.....      | 15 |
| 5.1. Tjedni porast tijekom vegetacije.....     | 15 |
| 5.2. Visina stabljike.....                     | 16 |
| 5.3. Tehnička duljina stabljike.....           | 16 |
| 5.4. Debljina stabljike.....                   | 17 |
| 5.5. Prinos stabljike prije močenja.....       | 18 |
| 5.6. Prinos stabljike nakon močenja.....       | 19 |

|                                   |    |
|-----------------------------------|----|
| 5.7. Prinos ukupnog vlakna.....   | 19 |
| 5.8. Postotak ukupnog vlakna..... | 20 |
| 5.9. Prinos dugog vlakna.....     | 21 |
| 5.10. Postotak dugog vlakna.....  | 22 |
| 6. Zaključak.....                 | 23 |
| 7. Literatura.....                | 24 |

Životopis

## Sažetak

Diplomskog rada studenta **Filipa Kljajića**, naslova

### **UTJECAJ PRIHRANE MIKROKAPSULAMA S CINKOM NA AGRONOMSKA I MORFOLOŠKA SVOJSTVA PREDIVOG LANA**

Istraživanje ovog rada provedeno je kako bi utvrdili utjecaj prihrane mikrokapsulama s cinkom na agronomska i morfološka svojstva predivog lana. Pokus je postavljen na Pokušalištu Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, lokacija Maksimir, tijekom 2020. godine. Korištena je metoda slučajnog bloknog rasporeda u četiri ponavljanja i pet različitih varijanti. Posijana je sorta lana Agatha, a varijante su strukturirane na ovaj način: varijanta 1- kontrola bez dodatka mikrokapsula, varijanta 2- mikrokaspule s 0,25 mol/L Zn, varijanta 3- mikrokaspule 0,25 mol/L Zn i 1% kitozana, varijanta 4- mikrokapsule 0,5 mol/L Zn i varijanta 5- mikrokapsule 0,5 mol/L Zn i 1% kitozana. Na osnovi provedene analize varijance nisu utvrđene signifikantne razlike između istraživanih svojstava varijanata. Najveći prinos stabiljike prije i nakon močenja te najveći prinos ukupnog i dugog vlakna ostvaren je kod varijante 2. prihranjene s 0,25 mol/l Zn.

**Ključne riječi:** predivi lan, agronomska svojstva, morfološka svojstva, prihrana cinkom, mikrokapsule



## Summary

Of the master's thesis – student **Filip Kljajić**, entitled

### **INFLUENCE OF MICROCAPSULES WITH ZINC SUPPLEMENT ON THE AGRONOMIC AND MORPHOLOGICAL PROPERTIES OF FIBER FLAX YARN**

The research of this work was carried out in order to determine the influence of supplementation with microcapsules with zinc on the agronomic and morphological properties of fiber flax. The experiment was set up at the experimental field of the Faculty of Agriculture of the University of Zagreb, location Maksimir, during 2020. The experiment was set up according to the RCBD in four replications and five different variants. The fiber flax variety Agatha was sown, and the variants were structured in this way: variant 1- control without the addition of microcapsules, variant 2- microcapsules with 0.25 mol/L Zn, variant 3- microcapsules 0.25 mol/L Zn and 1% chitosan, variant 4- microcapsules 0.5 mol/l Zn and variant 5- microcapsules 0.5 mol/L Zn and 1% chitosan. Based on the analysis of variance, no significant differences were found between the investigated properties. The highest stem yield before and after retting and the highest yield of total and long fiber was achieved in the variant 2 supplemented with 0.25 mol/l Zn.

**Keywords:** fiber flax, agronomic properties, morphological properties, zinc supplement, microcapsules

## 1. Uvod

Predivi lan je industrijski važna biljka čiji je najvažniji produkt dugo vlakno od kojeg se izrađuje konac, a služi i za proizvode u automobilske i građevinske industriji. Industrijska proizvodnja lana u Hrvatskoj je napuštena početkom 1990. godine te se trenutno uzgaja za tradicionalne i turističke svrhe, a postoje pokušaji revitalizacije lanene industrije (Butorac, 2009.). Hrvatska nema vlastiti selekcijski materijal predivog lana te se istraživanja stranih sorata provodi na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Istraživanja obuhvaćaju strane sorte: Viking, Venica, Agatha, Electra, Ilona i dr. Praćena su morfološka i agronomska svojstva biljaka te tekstilno tehnološka svojstva vlakna u svrhu procjene koja sorta ima najveći potencijal adaptacije na klimatske uvjete kontinentalne Hrvatske, dostatnu kvalitetu i prinos vlakna (Butorac i sur., 2011.).

U sklopu istraživanja sorata, paralelno su provođena i istraživanja utjecaja gnojidbe dušikom. Moderna poljoprivreda zasniva se na gnojidbi i prihrani makro i mikro elementima omogućavajući biljci pravilan razvoj uslijed nepovoljnih okolišnih uvjeta poput nepogodnog tla, ne ogovarajuće temperature, manjka ili viška oborina te nedostatka hranjiva (Butorac i sur., 2014.). Svojstva bitna za uzgoj predivog lana su visina, grananje i polijeganje stabljike, tehnička duljina i debljina stabljike, a ona direktno utječu na prinos i kvalitetu dugog vlakna. Agrotehničkim zahvatima gnojidbe makroelementom dušikom utječemo na povećanje zelene mase biljke, no problem se javlja pri prekomjernoj gnojidbi što dovodi do mogućeg polijeganja, gubitka čvrstoće stabljike i vlakna koje postaje grubo te se smanjuje uporabna vrijednost.

Makroelementi bitni za uzgoj lana su fosfor i kalij, a njih primjenjujemo u NPK gnojivima formulacije 7:20:30 u količinom od 500 kg/ha. Fosfor sudjeluje u izgradnji korijenovog sustava, daje čvrstoću vlaknu i sudjeluje u izgradnji sjemena, dok kalij također sudjeluje u tvorbi sjemena te stvara čvrstu vezu među snopićima vlakana.

Mikroelement važan za lan je bor, kojeg dodajemo uz NPK gnojiva, a uloga mu je povećanje prinosa stabljike i sjemena (Butorac, 2009.).

Analizom varijance prethodno navedenih istraživanja, utvrđene su signifikantne razlike između sorata lana te pozitivne korelacije povećanja prinosa ukupnog i dugog vlakna varijanata pokusa gnojenih dušikom u odnosu na kontrolne uzorke. Sorta Agatha je ostvarila dobre rezultate što daje opravdanje za nastavak istraživanja te nju koristimo u ovom istraživanju.

Na kvalitetu vlakna predivog lana, osim navedenih čimbenika poput gnojidbe i prihrane, utječu i okolišni čimbenici: temperatura, voda i svjetlost, ali i postupci poput branja lana u određenom stadiju. Istraživanje provedeno tijekom dvije godine, 2010. i 2011.,

pokazalo je da se najbolji prinos i postotak ukupnog i dugog vlakna postiže branjem stabljika tijekom zelene i rabe žute zriobe (Butorac i sur., 2018.).

### **1.1. Cilj istraživanja**

Cilj ovog rada je procijeniti utjecaj prihrane mikrokapsulama s cinkom na agronomska i morfološka svojstva predivog lana.

## 2. Pregled literature

### 2.1. Prihrana lana cinkom

Cink je esencijalni mikroelement bitan u metaboličkim procesima te kao strukturna komponenta biljaka. Nalazi se u tragovima i različitim koncentracijama svih tala, ali vrlo često u nedovoljnim količinama. Sudjeluje u biokemijskim reakcijama kao kofaktor raznih hormona, enzima i bjelančevina. Najznačajnije uloge cinka su sudjelovanje u metabolizmu ugljikohidrata, fotosintezi i pretvorbi šećera u škrob, metabolizmu bjelančevina, sintezi fitohormona auksina, stvaranju polena, održavanju integriteta staničnih membrana te otpornost na infekciju patogena (Alloway, 2008.). Navodi se i kako je temeljna uloga ovog elementa metabolička reakcija i ubrzavanje sinteze bjelančevina čime je zaslužan za pravilan razvoj, poboljšanje prinosa i svojstava lanenog vlakna (Nofal i sur., 2011.).

Lan je vrsta posebno osjetljiva na nedostatak cinka stoga treba obratiti pozornost na tlo gdje ga uzgajamo. Poremećaji koje nalazimo na lanu mogu biti zaostajanje u rastu stabljike, kloroze i nekroze listova, klorotično venuće, smanjenje uroda i kvalitete vlakana. Simptomi se pojavljuju najranije dva tjedna nakon nicanja, no neki mogu biti skriveni, takve nazivamo latentnima, bez vidljivih šteta na biljci, a rezultiraju smanjenjem prinosa (Moraghan, 1983.). Nedostatak cinka u tlu problem je koji pronalazimo svugdje u svijetu, no uz samu koncentraciju postoje biotski i abiotski čimbenici koji biljci sprječavaju usvajanje. Čimbenici koji utječu na dostupnost cinka su tip, kiselost, temperatura i vlažnost tla, udio kalcijevog karbonata, organske tvari i gline u tlu i koncentraciji elemenata poput željeza i fosfora (Alloway, 2008.). Primjenom cinkova gnojiva koje apliciramo u tlo smanjujemo troškove i postizemo duže djelovanje, no ako tlo posjeduje prije navedene negativne čimbenike, nećemo postići povoljan rezultat (Gonzalez i sur., 2016.).

Istraživanja koja se bave utjecajem cinka na biljku lana provedena su dugi niz godina u raznim zemljama, među nekima: Sjedinjene Američke Države, Kanada, Egipat i Španjolska. Egipatski znanstvenici prepoznali su povećanje uzgoja lana u zadnjem desetljeću i probleme njihovih farmera. Nepovoljni uvjeti poput visokog pH tamošnjih tala i nedostatka oborina pospješuju smanjenu mogućnost apsorpcije hranjiva. Posljedica je smanjeni prinos stabljike i vlakana što se nastoji spriječiti prihranom cinkovim gnojivima. Provedena su istraživanja kojima se nastoji utvrditi tip hranjiva koji će povisiti udio cinka u biljci i na koji način je najbolje aplicirati sredstvo.

Prema radu (Nofal i sur., 2011.), pokus proveden u Egiptu tijekom dvije sezone, 2009/2010. i 2010/2011., imao je za cilj istražiti utjecaj folijarne prihrane lana različitim koncentracijama cinkovog sulfata ( $ZnSO_4$ ) te utvrditi korelaciju između povećanja udjela cinka u biljci i poboljšanja svojstava. Lan je zasijan na pjeskovitom tlu siromašno hranjivima, te nepovoljnom za njegov uzgoj. Primijenjene su standardne metode gnojidbe NPK gnojivima

i navodnjavanje pomoću prskalica, a cinkov sulfat je primjenjivan u omjerima 0,5 g/L, 1 g/L, 1,5 g/L i 2 g/L početkom cvatnje. Proučavana svojstva su: broj tobolaca po biljci, broj sjemenki u tobolcima, prinos sjemeni, masa 1000 sjemenki, postotak ulja dobivenog iz sjemeni, prinos stabljike, prinos vlakna, duljina vlakna i kvaliteta vlakna. Zaključeno je kako veći udio cinka u stabljici u odnosu na kontrolni pokus poboljšava sva navedena svojstva. Istraživanje je pokazalo poboljšanje svojstava već i kod najmanje koncentracije  $\text{ZnSO}_4$ , a najbolje rezultate je imala prihrana s 2 g/L.

Druga istraživanja ovog tima znanstvenika provedena su 2011/2012 i 2012/2013, a tema je povezanost prihrane kalijem i cinkom u svrhu poboljšanja svojstava prinosa lana različitih sorti. Pokus je također proveden na pjeskovitom tlu siromašnom hranjivima, a za prihranu korišteni su kalij sulfat od 50, 75 i 100 kg/fed bez ili s cinkom u helatnom obliku od 1,5 g/L koji se primjenjivao folijarno dvaput tijekom vegetacije, 45 i 60 dana nakon sjetve. Pokazalo se kako postoji pozitivna korelacija između kombinirane prihrane i praćenih svojstava, a najbolji rezultat postiže se najvećom koncentracijom kalija uz folijarnu prihranu cinkom. Signifikantne razlike su primijećene u prinosu stabljike i vlakna te u morfološkim svojstvima poput visine stabljike, a sorta s kojom se postigao najbolji rezultat je Sakha-2 (Bakry i sur., 2015.).

Istraživanja provedena tijekom 2015/2016. i 2016/2017. bavila su se utjecajem navodnjavanja i folijarne primjene nanočestica cinkovog oksida ( $\text{ZnO}$ ) na lan u području s malom količinom oborina i nepogodnim tlom. Navodnjavanje se provodilo za svaki sortu od jednog do tri puta uz primjenu 50 ili 100 mg/L nanočestica  $\text{ZnO}$ . Rezultati istraživanja su očekivani te se najboljim pokazalo tretiranje 100 mg/L, odnosno više doze nanočestica  $\text{ZnO}$ , uz tri navodnjavanja, iako su povoljan učinak imale i manje doze s dva navodnjavanja. Nanočestice su nova metoda primjene gnojiva, biljka ih dobro usvaja te predstavljaju pristup koji bi mogao biti budućnost poljoprivrede. Problem je nedovoljno istražen utjecaj toksičnosti i ponašanja čestica u tlu, vodi i živim organizmima (Rashwan i sur., 2020.).

Kanadski istraživači proučavali su utjecaj prihrane cinkom u obliku  $\text{ZnSO}_4$  i fosforom s odnosom na udio magnezija, kalcija, fosfora i cinka u tlu, te prinos i sastav tvari u tkivu lana. Poznato je kako fosfor i cink imaju antagonistički utjecaj (Moraghan, 1984.). Udio fosfora u tkivu od 0,46% dovodi do neznačajnog smanjenja prinosa, ali i do smanjenja udjela cinka u tkivu ometajući njegovo usvajanje (Grant i Bailey, 1989.).

## **2.2. Mikrokapsule**

Upotreba mikrokapsula je inovativna metoda kojom nastojimo osigurati biljci dovoljan izvor potrebnih tvari duže razdoblje i smanjiti broj tretmana, što rezultira manjom upotrebom gnojiva i snižava troškove proizvodnje. Prednost je također što možemo

regulirati brzinu otpuštanja hranjiva, a sama primjena je jednostavna i sigurna (Vinceković i sur., 2016.). Biorazgradivi polimeri koriste se u izradi ovih kapsula, najčešće su polisaharidi poput kitozana i natrijevog alginata, koje dobivamo iz ljuski rakova ili poljoprivrednih sirovina. Mikrokapsule mogu sadržavati kemijske supstance ali i biološke, poput gljiva ili bakterija čija je uloga poboljšati mikrobiološku aktivnost tla i potaknuti biljku na izlučivanje sekundarnih metabolita (Vinceković i sur., 2017.).

Brzina otpuštanja tvari ovisi o izboru količine kationa u mikokapsulama, veličini čestica te dodatnom premazu kitozana. Otpuštanje tvari iz mikrokapsula te sama razgradnja polimera ovisi i o teško predvidivim čimbenicima interakcije s kompleksnim biokemijskim sastavom tla na određenoj mikrolokaciji (Jurić, 2020.). Nedostaci koji postoje pri ovakvoj primjeni su agregacija čestica, ograničeni prostor skladištenja tvari, teškoće pri enkapsulaciji molekula različitih stupnjeva hidrofilnosti i preciznoj kontroli polidisperzije čestica (Lai i Rogach, 2017.).

### 3. Stanišni čimbenici

#### 3.1. Tlo

Lokacija Zagreb – Maksimir 2020.

Prema tipskoj pripadnosti tlo na ovoj lokaciji je eutrično smeđe, antropogenizirano, na slabo zamočvarenoj ilovači (Pospišil, 1990.). Praškasto ilovaste je teksture (Tablica 1.). Zbog visokog sadržaja praha, sklono je stvaranju pokorice.

Lan je biljka sklona polijeganju te mu ne odgovaraju tla bogata vapnom, suha pjeskovita tla, teška glinasta tla i tla s visokom razinom vode ili ona koja zadržavaju vodu na površini. Odgovaraju mu strukturna ilovasto-pjeskovita ili pjeskovito-ilovasta tla s dobrim vodozračnim režimom te koja su propusna (Butorac, 2009.).

Tablica 1. Fizikalna svojstva tla

a) mehanički sastav

| Dubina<br>tla (cm) | Mehanički sastav tla |          |           |            |        | Teksturna oznaka  |
|--------------------|----------------------|----------|-----------|------------|--------|-------------------|
|                    | % čestica – Ø mm     |          |           |            |        |                   |
|                    | 2-0,2                | 0,2-0,05 | 0,05-0,02 | 0,02-0,002 | <0,002 |                   |
| 0-20               | 18,7                 | 9,7      | 38,4      | 29,8       | 3,4    | Praškasta ilovača |
| 20-60              | 18,5                 | 10,5     | 34,4      | 28,0       | 8,6    | Praškasta ilovača |

b) porozitet, kapacitet tla za vodu i zrak, gustoća pakiranja

| Dubina<br>tla (cm) | Porozitet<br>vol. % | Kapacitet za<br>vodu i zrak |     | Gustoća pakiranja<br>stv<br>(g/cm <sup>3</sup> ) |
|--------------------|---------------------|-----------------------------|-----|--------------------------------------------------|
|                    |                     | vol. %                      |     |                                                  |
| Oranični           | 41,4                | 36,8                        | 4,6 | 1,57                                             |
| Podoranični        | 41,5                | 33,6                        | 7,9 | 1,59                                             |

Izvor: Pospišil, 1990. – Magistarski rad

Kapacitet tla za vodu iznosi 36,8 vol.% u oraničnom, a 33,6 vol.% u podoraničnom sloju. Za oranični sloj može se reći da je osrednjeg, a podoranični je malog kapaciteta tla za vodu.

Kapacitet tla za zrak u oraničnom sloju iznosi 4,6 vol. %, a u podoraničnom sloju 7,9 vol. %, što je ispod optimalnih vrijednosti. Tlo je osrednje zbijeno.

Kemijska svojstva tla prikazana su u Tablici 2. Tlo pokusne površine je neutralno. Dobro je opskrbljeno biljci pristupačnim fosforom i dušikom, a umjereno kalijem. Slabo je humusno sa sadržajem od 2,9%ž, a po pH vrijednosti je blago kiselo.

Kiselost tla koja odgovara lanu je između 6,2 do 7,2 pH (Butorac, 2009.).

Tablica 2. Kemijska svojstva tla na pokušalištu Maksimir

| Dubina tla, cm | pH<br>u KCl | Humus<br>(%) | Ukupni dušik<br>(% ST) | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub><br>mg/100 g | K <sub>2</sub> O<br>mg/100 g |
|----------------|-------------|--------------|------------------------|-------------------------------------------|------------------------------|
| 0 – 30         | 6,62        | 2,9          | 0,12                   | 17,10                                     | 11,60                        |

### 3.2. Vremenske prilike tijekom istraživanja

Prema podacima Državnog hidrometeorološkog zavoda (DHMZ), u tablici 3., prikazane su prosječne temperature za ožujak, travanj, svibanj i lipanj 2020. godine te njihov višegodišnji prosjek od 1991. do 2020. godine. Srednja temperatura zraka za ožujak i travanj bila je veća od višegodišnjeg prosjeka. U ožujku je razlika iznosila za 0,4 °C, a u travnju za 1 °C. Svibanj je bio hladniji od višegodišnjeg prosjeka za 1 °C, a lipanj za 0,3 °C.

Predivi lan je biljka vlažnih i umjereno toplih područja, osjetljiv na visoke temperature, vruće i suhe vjetrove u fazi brzog rasta i cvatnje. Klijanje i nicanje odvija se najčešće pri 6 °C. Minimalna temperatura za klijanje je 2-5 °C, a optimalna 16-17 °C. Najosjetljiviji je na niske temperature prilikom nicanja, a temperatura niža od -3 °C može oštetiti mlade biljke. Ukoliko lan sijemo sredinom travnja, on brzo prolazi faze razvoja, te zbog visokih temperatura u svibnju biljka ostaje niska što može nepovoljno utjecati na prinos i kvalitetu vlakna. Lan prolazi 2 stadija tijekom vegetacijskog razdoblja, 1. stadij jarovizacije, traje 5 do 8 dana i pri temperaturi od 5 °C do 8 °C, i 2. svjetlosni stadij. Zbroj efektivnih temperatura iznad 0 °C potrebnih za vegetacijsko razdoblje je 1400-1800 °C . Tijekom fotostadija predivom lanu potrebno je više oblačnih dana kako bi dobili više i tanje stabljike koje se slabije granaju, što je potrebno za dobivanje kvalitetnog vlakna (Butorac, 2009.).



Tablica 3. Srednje temperature zraka za 2020. godinu te višegodišnji prosjek (°C) za Zagreb Maksimir (Državni hidrometeorološki zavod, 2021.)

| Mjesec  | 2020. godina | Višegodišnji prosjek (1991.-2020.) |
|---------|--------------|------------------------------------|
| Ožujak  | 7,8          | 7,4                                |
| Travanj | 13,2         | 12,2                               |
| Svibanj | 15,7         | 16,7                               |
| Lipanj  | 20,3         | 20,6                               |

U tablici 4., prikazane su prosječne količine oborina od ožujka do lipnja 2020. godine, te višegodišnji prosjek od 1991. do 2020. godine za Pokušalište Zagreb-Maksimir. Tijekom ožujka i travnja, zabilježena količina oborina bila je manja od višegodišnjeg prosjeka. Ožujak ima 17,5 mm, a travanj 37,2 mm oborinskih voda manje u odnosu na prosjek. Svibanj s 96,7 mm i lipanj s 104,4 mm imaju iznadprosječne vrijednosti.

Zahtjevi lana prema vodi rastu s obzirom na faze rasta i povećavaju se do cvatnje. Biljka je vlažne i umjerene klime te su mu potrebna područja s više od 600 mm oborina godišnje. Kako bi postigli optimalnu kvalitetu vlakna potrebna je dovoljna količina oborina u svibnju (Butorac, 2009.).

Tablica 4. Mjesečne količine oborina za 2020. godinu, te višegodišnji prosjek (mm) za Zagreb - Maksimir (Državni hidrometeorološki zavod, 2021.)

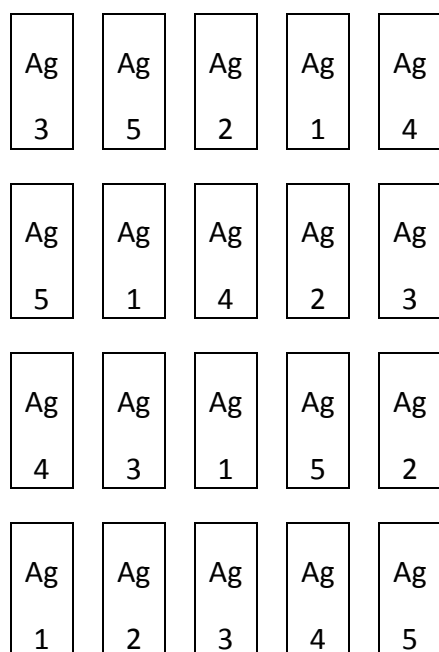
| Mjesec  | 2020. godina | Višegodišnji prosjek (1991.-2020.) |
|---------|--------------|------------------------------------|
| Ožujak  | 29,5         | 48,0                               |
| Travanj | 23,4         | 60,6                               |
| Svibanj | 96,7         | 76,5                               |
| Lipanj  | 104,4        | 90,8                               |

## 4. Materijali i metode

U 2020. godini provedena su istraživanja s predivim lanom na pokušalištu Agronomskog fakulteta u Zagrebu. U pokusu je posijana sorta Agatha.

Sorta Agatha vlasništvo je nizozemske oplemenjivačke kuće "Cebecco Seeds B.V." iz Rotterdama, kreirana 2000. godine. Srednje je kasne vegetacijske grupe sazrijevanja. Otporna je na polijeganje i fuzarioze, te ima vrlo visok udio vlakna u stabljici i prinos po hektaru.

Pokus je postavljen prema metodi slučajnog bloknog rasporeda u četiri ponavljanja na lokaciji Zagreb – Maksimir (Slika 1.). Veličina pokusne parcele iznosila je 5 m<sup>2</sup> (5 x 1). Razmak između redova iznosio je 10 cm, a razmak između parcela 1 m.



Slika 1. Plan pokusa

Tumač brojeva 1. kontrola; 2. 0,25 mol/L cinka; 3. 0,25 mol/L cinka s 1% kitozanom; 4. 0,5 mol/L cinka i 5. 0,5 mol/L cinka s 1% kitozanom

Kao priprema tla za sjetvu lana 26. studenog 2019. izvršeno je oranje na dubinu od 30 cm. Preko zime je ostavljena otvorena brazda. Finalna obrada tla obavljena je pred samu sjetvu, 6. travnja 2020., sjetvospremačem u jednom proходу.

Primijenjena je standardna agrotehnika za predivi lan uz dodatnu prihranu cinkom. U tlo je prije sjetve na svim parcelama uneseno 500 kg/ha NPK gnojiva formulacije 7-20-30. Uz kontrolu bez cinka, dodan je i cink u 4 varijante u prihrani u obliku mikrokapsula (0,25 mol/L cinka; 0,25 mol/L cinka s 1% kitozanom; 0,5 mol/L cinka i 0,5 mol/L cinka s 1% kitozanom).

Sjetva lana izvršena je 7. travnja 2021. godine samohodnom sijačicom. S obzirom da je predivi lan uskoredna kultura, gustoća sjetve iznosila je 2500 klijavih sjemenki/m<sup>2</sup>. Dubina sjetve iznosila je 1 do 2 cm.

Tijekom vegetacije, kroz tri tjedana određen je porast lana (Slika 2.).

Berba lana vršena je ručno u fazi rane žute zriobe na površini od 1m<sup>2</sup> na svakoj parceli.

Na uzorku od 1 m<sup>2</sup> određena je prije maceracije visina biljaka (Slika 3.), tehnička dužina, debljina stabljike i prinos suhe stabljike. Visina biljke određena je mjerenjem od nodija kotiledona do vrha stabljike na kraju vegetacije lana u cm. Tehnička dužina stabljike mjerila se od nodija kotiledona do početka grananja stabljike u cm. Debljina stabljike mjerila se u sredini tehničke dužine stabljike.

Stabljike lana podvrgnute su biološkoj metodi maceracije zagrijanom vodom u trajanju od 3 dana pri temperaturi od 32 °C u kontroliranim uvjetima (Pasković, 1957.), (Slika 4.).

Nakon močenja lana na uzorku od 1m<sup>2</sup> određen je prinos močene stabljike nakon sušenja, prinos ukupnog vlakna i dugog vlakna, te udio ukupnog i dugog vlakna.

Dobiveni podaci obradit će se analizom varijance, a razlike između srednjih vrijednosti testirane su LSD testom na nivou od 5%.



Slika 2. Lan nakon nicanja

Autor: Filip Kljajić



Slika 3. Intenzivni porast lana

Autor: Filip Kljajić





Slika 4. Biološka metoda meceracije lana

Autor: Filip Kljajić

#### **4.1. Priprava mikrokapusla**

U istraživanju su testirana djelovanja dvije vrste kapsula na lan. Primijenjene su sljedeće varijante: kapsule natrijevog alginata dobivene s otopinama cinkova nitrata heksahidrata dvaju različitih koncentracija (0,25 mol/L te 0,5 mol/L) te kapsule natrijevog alginata s cinkovim nitratom heksahidratom istih množinskih koncentracija sa slojem omotača od kitozana.

Mikrokapusle su pripravljene tehnikom ionskog geliranja pri sobnoj temperaturi. Izrada mikrokapusla provodi se dokapavanjem vodene otopine nosača aktivne tvari, natrijevog

alginata, lijevkom za odjeljivanje (Slika 5.) u otopine cinkova nitrata heksahidrata ( $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2 \times 6\text{H}_2\text{O}$ ) navedenih koncentracija. Koncentracija natrijevog alginata je 1,5% (w/v). Otopina natrijevog alginata propušta se kroz lijevak uz protok od približno 5 mL/min. Nakon završetka geliranja, otopine se miješaju na magnetnoj miješalici još 30 minuta te se mikrokapsule filtriraju, isperu destiliranom vodom te čuvaju na hladnom i tamnom mjestu do primjene.

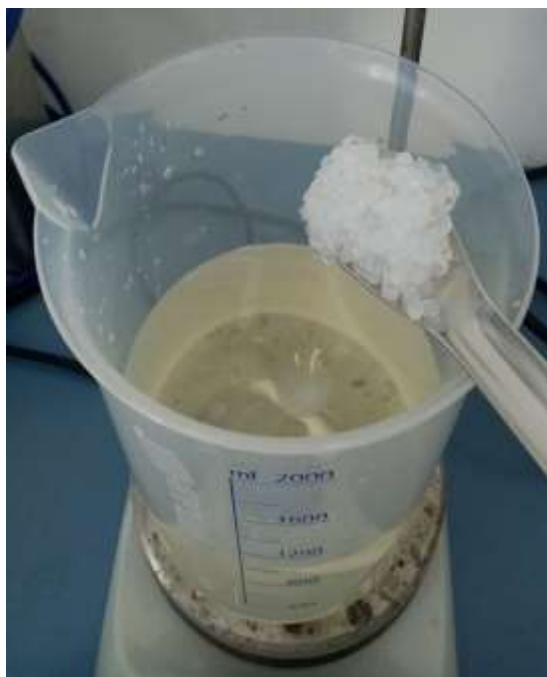
Drugi tip mikrokapsula pripravljen je miješanjem 1200 g formiranih mikrokapsula u 1 litri 0,5% (w/v) otopine kitozana u 1% (v/v) octenoj kiselini u razdoblju od 1 sata na magnetnoj miješalici (Slika 6.). Mikrokapsule obložene slojem kitozana se filtriraju, isperu destiliranom vodom te čuvaju na hladnom i tamnom mjestu do primjene.

Na slici 7. prikazan je oblik mikrokapsula neposredno prije stavljanja u tlo.



Slika 5. Priprava mikrokapsula pomoću lijevka za odjeljivanje

Autor: dr.sc. Marko Viskić



Slika 6. Dodavanje pripremljenih mikrokapsula u otopinu kitozana

Autor: dr.sc. Marko Viskić



Slika 7. Oblik mikrokapsula prije stavljanja u tlo

Autor: Filip Kljajić

## 5. Rezultati istraživanja i rasprava

### 5.1. Tjedni porast predivog lana tijekom vegetacije

Analizom varijance utvrđeno je kako uz različite koncentracije prihrane cinkom nema signifikantne razlike u tjednom porastu lana između varijanata pokusa. Pregledom tablice 5. varijanta 4 s 0,50 mol/L Zn ima najbolji rezultat u svim mjerenjima s visinom od 34,85 cm u prvom, 58,10 cm u drugom i 75,18 cm u trećem mjerenju. U prvom mjerenju najmanji porast ima varijanta 5., s visinom od 29,65 cm. Drugo mjerenje pokazuje najmanji porast 3. varijante. Kontrola koja nije prihranjena cinkom, s visinom od 71,13 cm daje najlošiji rezultat u trećem mjerenju. Lan prolazi kroz dvije faze rasta, prva je faza sporog rasta trajanja 15 do 25 dana u kojem biljka naraste do 15 cm. Druga faza je brzi rast, s dnevnim porastom od 3 do 5 cm biljke u visinu, traje 20 do 30 dana, a završava pojavom pupova.

Podatke dobivene u ovom istraživanju možemo usporediti s prijašnjim istraživanjima. U svrhu istraživanja aklimatizacijskih svojstava različitih sorata predivog lana, uz prihranu dušikom, tijekom 2004. i 2005. godine, provedena su istraživanja na pokušalištu Agronomskog fakulteta u Zagrebu i Posavskim Bregima. Na pokušalištu u Zagrebu 2004. godine, sorta Agatha nakon 60 dana ostvarila je prosječnu visinu od 58 cm, a u 2005. godini od 69 cm (Butorac i sur., 2010.). Prema tome dobivene vrijednosti u našim istraživanjima bile su neznatno više od prethodnih i u skladu su s visinama koje ostvaruje predivi lan u našim uzgojnim uvjetima.

Tablica 5. Tjedni porast predivog lana tijekom vegetacije

| Tjedni porast predivog lana tijekom vegetacije, cm |           |           |           |
|----------------------------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| Varijanta                                          | 1. porast | 2. porast | 3. porast |
| Kontrola                                           | 32,88     | 55,80     | 71,13     |
| 0,25 mol/L Zn                                      | 32,05     | 55,45     | 72,75     |
| 0,25 mol/L Zn s 1% kitozanom                       | 31,88     | 52,45     | 72,95     |
| 0,50 mol/L Zn                                      | 34,85     | 58,10     | 75,18     |
| 0,50 mol/L Zn s 1% kitozanom                       | 29,65     | 56,70     | 72,65     |
| LSD 5%                                             | N.S.      | N.S.      | N.S.      |



## 5.2. Visina biljke

Analizom varijance utvrđeno je kako nema signifikantnih razlika između varijanata u visini biljke predivog lana. U tablici 6. prikazani su dobiveni rezultati, a visina biljke je mjerena nakon berbe stabljike s polja. Najviša stabljika ostvarena je u 5. varijanti, prihranjennoj s 0,50 mol/L Zn i 1% kitozana s prosječnom visinom od 79,58 cm. Slijedi varijanta 3., prihranjena s 0,25 mol/L i 1% kitozana, te prosječnom visinom od 79,13 cm. Ostale varijante su približnih vrijednosti od kojih je najmanju visinu imala varijanta 2, s prosječnom visinom od 77,60 cm. Stabljike lana sklone su polijeganju, a dobivene visine biljaka nisu dovele do polijeganja lana u ovoj godini istraživanja.

Dobivene podatke možemo usporediti s rezultatima istraživanja provedenim 2007. i 2008. godine gdje je istraživao utjecaj dužine vegetacije na morfološka i tekstilno-tehnološka svojstva različitih sorti lana (Butorac i sur., 2011.). Prosječna visina biljke sorte Agatha na pokušalištu u Zagrebu 2007. godine iznosila je 77,1 cm, a 2008. g. bila je nešto niža i iznosila je 68,8 cm. Prosječna visina biljaka u našim istraživanjima bila je u skladu s istraživanjima iz 2007. godine.

Tablica 6. Visina biljke predivog lana

| Varijanta                    | Visina biljke, cm |
|------------------------------|-------------------|
| Kontrola                     | 77,84             |
| 0,25 mol/L Zn                | 77,60             |
| 0,25 mol/L Zn s 1% kitozanom | 79,13             |
| 0,50 mol/L Zn                | 77,63             |
| 0,50 mol/L Zn s 1% kitozanom | 79,58             |
| LSD 5%                       | N.S.              |

## 5.3. Tehnička duljina stabljike

Analizom varijance je utvrđeno kako primjena mikrokapsula nema signifikantnog utjecaja na tehničku duljinu stabljike u odnosu na kontrolu, a rezultati su prikazani u tablici 7. Varijanta 4 imala najbolji rezultat s prosječnom duljinom od 65,48 cm. Kontrola s duljinom od 64,28 cm predstavlja najlošiju varijantu. Tehnička duljina stabljike predivog lana ne bi smjela biti manja od 60 cm, a mjeri se od nodija kotiledona do točke grananja. Kod predivog lana poželjno je što manje grananja i to na što višem dijelu stabljike kako bi postigli optimalnu kvalitetu dugog vlakna (Butorac, 2009.).

Istraživanje provedeno tijekom 2007. i 2008. godine na pokušalištu Agronomskog fakulteta u Maksimiru pokazalo je nešto niže vrijednosti u odnosu na varijante prihranjene cinkom. Tehnička duljina stabljike 2007. godine iznosila je prosječno 64 cm, a 2008. godine 60,5 cm (Butorac i sur., 2011.).

Tablica 7. Tehnička duljina stabljike

| Varijanta                    | Tehnička duljina stabljike, cm |
|------------------------------|--------------------------------|
| Kontrola                     | 64,28                          |
| 0,25 mol/L Zn                | 64,43                          |
| 0,25 mol/L Zn s 1% kitozanom | 65,06                          |
| 0,50 mol/L Zn                | 65,48                          |
| 0,50 mol/L Zn s 1% kitozanom | 64,69                          |
| LSD 5%                       | N.S.                           |

#### 5. 4. Debljina stabljike

Analizom varijance ostvarene su nesignifikantne razlike među testiranim varijantama (tablica 8.). Debljina stabljika varirala je od najmanje zabilježene, kontrolne varijante 1, koja je imala prosjek 1,43 mm do najveće, varijante 2 s 0,25 mol/L Zn s prosjekom od 1,58 mm. Debljina stabljike je svojstvo koje utječe na kvalitetu i količinu vlakna. Mjeri se na sredini tehničke dužine stabljike. U fazi cvjetanja kreće se od 0,6 do 3 mm, a prilično tanka ili debela vlakna nisu pogodna za tekstilnu industriju (Butorac, 2009.).

Istraživanjem provedenim 2004. godine, sorta Agatha je ostvarila prosječan rezultat debljine stabljike od 1,3 mm, što je manje od kontrole te prosjeka svake varijante prihranjene cinkom. Rezultati dobiveni 2005. godine prikazuju debljinu stabljike od 1,6 mm, što je nešto više od rezultata dobivenih našim istraživanjem (Butorac i sur., 2009.). Svi dobiveni rezultati u skladu s preporučljivim debljinama stabljike iz literature.

Tablica 8. Debljina stabljike predivog lana

| Varijanta                    | Debljina stabljike, mm |
|------------------------------|------------------------|
| Kontrola                     | 1,43                   |
| 0,25 mol/L Zn                | 1,58                   |
| 0,25 mol/L Zn s 1% kitozanom | 1,47                   |
| 0,50 mol/L Zn                | 1,48                   |
| 0,50 mol/L Zn s 1% kitozanom | 1,52                   |
| LSD 5%                       | N.S.                   |

### 5.5. Prinos stabljike prije močenja

Analizom varijance nisu utvrđene signifikantne razlike između prinosa stabljika prije močenja varijanata tretiranih mikrokapuslama i kontrole, a rezultati su prikazani u tablici 9. Stabljike nakon čupanja iz polja prolaze proces sušenja, te se vlaga u stabljici spušta na vrijednost između 14% do 16%. Varijanta 2 s 0,25 mol/L Zn imala je najveći prinos stabljike prije močenja koji je iznosio 6,93 t/ha, dok su ostale varijante imale neznatno niži prinos. Kontrola je imala najmanji prinos od 6,37 t/ha.

U istraživanjima provedenim 2004. godine, na Pokušalištu Agronomskog Fakulteta u Zagrebu, sorta Agatha ostvarila je prinos stabljike od 4,8 t/ha, a u 2005. godini prinos stabljike je iznosio 5,9 t/ha (Butorac i sur., 2009.). Rezultat je u obje godine manji prinos od varijanti prihranjenim mikrokapuslama s cinkom.

Tablica 9. Prinos stabljike predivog lana prije močenja

| Varijanta                    | Prinos stabljike prije močenja, t/ha |
|------------------------------|--------------------------------------|
| Kontrola                     | 6,37                                 |
| 0,25 mol/L Zn                | 6,93                                 |
| 0,25 mol/L Zn s 1% kitozanom | 6,73                                 |
| 0,50 mol/L Zn                | 6,88                                 |
| 0,50 mol/L Zn s 1% kitozanom | 6,75                                 |
| LSD 5%                       | N.S.                                 |

## 5.6. Prinos stabljike nakon močenja

Analizom varijance je utvrđeno kako nema signifikantne razlike između uzoraka u odnosu na prinos stabljike nakon močenja, prikazano u tablici 10. Varijanta 2 s 6,28 t/ha ostvaruje najveći prinos dok kontrola s 5,73 t/ha najmanji. Močenje je najsloženiji proces prerade, u kojem enzimi močenja: najčešće pektinaze, pektaze i pekat ligaze, razgrađuju slojeve pektina koji vežu epidermu i stanice kore s vlaknima. Kako bi se spriječila razgradnja staničnih stijenki vlakna i očuvala njihova kvaliteta, proces močenja mora biti kontroliran.

Prema istraživanjima, tijekom 2004. godine i 2005. godine provedeno je istraživanje na pokušalištu Agronomskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, procjena agronomskih i morfoloških svojstava sorata predivog lana prihranjenog dušikom, uspoređujući ga s kontrolnim uzorkom bez prihrane (Butorac i sur., 2009.). Istraživan je prinos močene stabljike, a rezultat koji je ostvarila sorta Agatha za 2004. godine je 4,1 t/ha, a 2005. godine je 5,4 t/ha. Oba rezultata pokazuju niži prinos u odnosu na istraživanja prihrane s cinkom.

Tablica 10. Prinos stabljike predivog lana nakon močenja

| Varijanta                    | Prinos stabljike nakon močenja, t/ha |
|------------------------------|--------------------------------------|
| Kontrola                     | 5,73                                 |
| 0,25 mol/L Zn                | 6,28                                 |
| 0,25 mol/L Zn s 1% kitozanom | 6,00                                 |
| 0,50 mol/L Zn                | 6,14                                 |
| 0,50 mol/L Zn s 1% kitozanom | 6,05                                 |
| LSD 5%                       | N.S.                                 |

## 5.7. Prinos ukupnog vlakna

Analizom varijance je utvrđeno kako nema signifikantnih razlika u varijantama na prinos ukupnog vlakna s obzirom na prihranu različitim formulacijama mikrokapsula s cinkom, prikazano u tablici 11. Najviši prinos ukupnog vlakna imala je varijanta 2 s 1,90 t/ha, a najniži kontrolna varijanta s 1,83 t/ha. Prethodno namočene i potom osušene stabljike stavljaju se u lomilica kako bi odvojili vlakna od pozdera, a za koji su još uvijek vezana.

Usporedbom s ranije provedenim pokusima rezultati sorte Agatha iz 2004. godine imaju niže vrijednosti prinosa vlakna s 1,5 t/ha., a iz 2005. godine rezultati prinosa ukupnog vlakna s 1,9 t/ha što je u rang varijanata prihranjenih s cinkom.

Tablica 11. Prinos ukupnog vlakna predivog lana

| Varijanta                    | Prinos ukupnog vlakna, t/ha |
|------------------------------|-----------------------------|
| Kontrola                     | 1,83                        |
| 0,25 mol/L Zn                | 1,90                        |
| 0,25 mol/L Zn s 1% kitozanom | 1,87                        |
| 0,50 mol/L Zn                | 1,89                        |
| 0,50 mol/L Zn s 1% kitozanom | 1,88                        |
| LSD 5%                       | N.S.                        |

## 5.8. Postotak ukupnog vlakna

Analizom varijance nije utvrđena signifikantna razlika u postotku ukupnog vlakna između varijanata koje su prihranjene mikrokapsulama i kontrole, a rezultati su prikazani u tablici 12. Najveći udio vlakna dobiven je u kontrolnoj varijanti, 32,15%, dok varijanta 2 ima najmanji postotak vlakna koji iznosi 30,30%.

Dobivene podatke usporedili smo s prijašnjim rezultatima dvogodišnjeg pokusa, gdje je u 2004. godini postotak ukupnog vlakna sorte Agatha iznosio 35,95%, a u 2005. godini 34,1% (Butorac i sur., 2009.). Navedeni rezultati pokazuju više postotke ukupnog vlakna nego naša istraživanja prihrane mikrokapsulama s cinkom.

Tablica 12. Postotak ukupnog vlakna predivog lana

| Varijanta                    | Postotak ukupnog vlakna, % |
|------------------------------|----------------------------|
| Kontrola                     | 32,15                      |
| 0,25 mol/L Zn                | 30,30                      |
| 0,25 mol/L Zn s 1% kitozanom | 31,31                      |
| 0,50 mol/L Zn                | 30,84                      |
| 0,50 mol/L Zn s 1% kitozanom | 31,26                      |
| LSD 5%                       | N.S.                       |

## 5.9. Prinos dugog vlakna

Analizom varijance utvrđeno je kako ne postoji signifikantna razlika u prinosu dugog vlakna između istraživanih varijanata s cinkom (Tablica 13.). Najveći prinos dugog vlakna imala varijanta 2 s 1,22 t/ha. Sve varijante prihranjene mikrokapsulama s cinkom imaju veći prinos vlakna u odnosu na kontrolu.

Prinos dugog vlakna varijanata prihranjenih cinkom usporedili smo s rezultatima dobivenih u prijašnjim istraživanjima. 2004. godine sorta Agatha imala je prinos 1,1 t/ha, a 2005. godine od 1,4 t/ha. (Butorac i sur., 2009.). Naša istraživanja pokazuju kako je prinos dugog vlakna bio između prijašnjih dobivenih vrijednosti.

Tablica 13. Prinos dugog vlakna predivog lana

| Varijanta                    | Prinos dugog vlakna, t/ha |
|------------------------------|---------------------------|
| Kontrola                     | 1,14                      |
| 0,25 mol/L Zn                | 1,22                      |
| 0,25 mol/L Zn s 1% kitozanom | 1,18                      |
| 0,50 mol/L Zn                | 1,19                      |
| 0,50 mol/L Zn s 1% kitozanom | 1,17                      |
| LSD 5%                       | N.S.                      |

## 5.10. Postotak dugog vlakna

Analizom varijance nije utvrđena značajna razlika između postotka dugog vlakna u istraživanim varijantama (tablica 14). Kontrolna varijanta ima postotno najveći udio dugog vlakna (20,03%). Varijante prihranjene mikrokapsulama imaju približne vrijednosti udjela vlakna od kojih najveći udio ima varijanta 3, a najmanji udio pokazala je varijanta 2.

Usporedbom podataka s istraživanjima iz 2004. i 2005. godine, primjećujemo razliku u postotku dugog vlakna s obzirom na varijante prihranjene cinkom. Rezultati iz 2004. godine ukazuju kako je udio dugog vlakna bio 24,9%, a iz 2005. godine 25,8% (Butorac i sur., 2009.). U obje godine postotak dugog vlakna bio je viši nego varijantama prihranjenim cinkom.

Tablica 14. Postotak dugog vlakna predivog lana

| Varijanta                    | Postotak dugog vlakna, % |
|------------------------------|--------------------------|
| Kontrola                     | 20,03                    |
| 0,25 mol/L Zn                | 19,38                    |
| 0,25 mol/L Zn s 1% kitozanom | 19,75                    |
| 0,50 mol/L Zn                | 19,40                    |
| 0,50 mol/L Zn s 1% kitozanom | 19,65                    |
| LSD 5%                       | N.S.                     |

## 6. Zaključak

Istraživanjima provedenim na Pokušalištu Agronomskog fakulteta, lokacija Maksimir, tijekom 2020. godine promatran je utjecaj prihrane mikrokapsulama s cinkom na predivi lan sorte Agatha. Svojstva koja su praćena: tjedni porast biljke, visina i debljina stabljike, tehnička duljina, prinos stabljike prije i nakon močenja, prinos i postotak ukupnog vlakna te prinos i postotak dugog vlakna. Navedena svojstva praćena su s 4 različite varijante prihrane mikrokapsulama s cinkom.

Tlo pokušališta Maksimir je antropogenizirano, eutrično smeđe, praškasto-ilovaste strukture sklono stvaranju pokorice. Blago je kiselo s vrijednosti od 6,2 do 7,2 pH, a slabo je i humozno (1,9%).

Temperatura zraka tijekom ožujka i travnja bila je viša od višegodišnjeg prosjeka. Svibanj i lipanj imali su nižu temperaturu od višegodišnjeg prosjeka. Količina oborina tijekom ožujka i travnja 2020. godine bila je niža od vrijednosti višegodišnjeg prosjeka. Zabilježene vrijednosti oborina u svibnju bile su 20,2 mm, a u lipnju 13,6 mm veće od višegodišnjeg prosjeka

Pregledom dobivenih podataka, možemo utvrditi kako analizom varijance niti u jednom istraživanom svojstvu nije utvrđena signifikantna razlika između varijanata tijekom jednogodišnjeg pokusa.

Praćenjem tjednog porasta predivog lana utvrdili smo kako je varijanta 4, prihranjena s 0,5 mol/L Zn imala najvišu stabljiku nakon 3. mjerenja s visinom od 75,18 cm

Najvišu visinu stabljike imala je varijanta 5 (0,50 mol/L Zn i 1% kitozana) visine 79,58 cm, a tehničku duljinu stabljike varijanta 4 (0,5 mol/L Zn) s duljinom od 65,48 cm. Najdeblju stabljiku ostvarila je varijanta 2 (0,25 mol/L Zn) i iznosila je 1,58 mm.

Najveće prinose stabljike prije močenja, prinose stabljike nakon močenja, prinose ukupnog vlakna i prinose dugog vlakna imala je varijanta 2 (0,25 mol/L Zn). Kontrolna varijanta je imala najveći postotak ukupnog i dugog vlakna.

Iz dobivenih rezultata zaključujemo kako je varijanta 2 (0,25 mol/L Zn) ostvarila najveće vrijednosti svih istraživanih prinosa predivog lana. Veća kolebanja temperature i oborina nisu negativno djelovala na razvoj predivog lana te su dobivene vrijednosti bile u skladu s istraživanjima provedenim s nekim drugim tehnološkim mjerama u godinama prije. Ova istraživanja biti će nastavljena u sljedećim godinama.



## 7. Popis literature

1. Alloway, B.J. (2008.). Zinc in soils and crop nutrition. International zinc association and international fertilizer association. Bruxelles, Belgija, 622-625. [www.topsoils.co.nz/wp-content/uploads/2014/09/Zinc-in-Soils-and-Crop-Nutrition-Brian-J.-Alloway.pdf](http://www.topsoils.co.nz/wp-content/uploads/2014/09/Zinc-in-Soils-and-Crop-Nutrition-Brian-J.-Alloway.pdf) – pristupio 28. 06. 2022.
2. Bakry, B. A., Nofal, O. A., Zeidan, M. S., Hozayn, M. (2015.). Potassium and zinc in relation to improve flax varieties yield and yield components as grown under sandy soil conditions. Agricultural Sciences 6(1):152-158.
3. Butorac J. (2009), Predivo bilje. Zagreb, Kugler. d. o. o.
4. Butorac J., Pospišil M, Mustapić Z., Duvnjak I. (2009.). Procjena agronomskih i morfoloških svojstava sorata predivog lana bez prihrane i s prihranom dušikom. Sjemenarstvo, 26(3-4): 119-129.
5. Butorac J., Pospišil M., Mustapić Z., Marković Z., (2010.). Utjecaj prihrane dušikom na neka morfološki i fenološka svojstava sorata predivog lana. Sjemenarstvo 27(1-2): 19-29.
6. Butorac J., Šurina R., Andrassy M., Pospišil M., Augustinović Z., Brčić M. (2011.). Utjecaj dužine vegetacije kultivara predivog lana na morfološka i tekstilno-tehnološka svojstva. Proceedings 46<sup>th</sup> Croatian and 6<sup>th</sup> International Symposium on Agriculture, Opatija, Croatia, p. 723-727.
7. Butorac J., Brunšek R., Augustinović Z., Pospišil M., Andrassy M., (2014.). The influence of the agronomic traits of fibre flax cultivars. Romanian agriculture research 31: 253-259.
8. Butorac J., Brunšek R., Augustinović Z., Pospišil M. (2018.). The influence of stages of maturity on the agronomic traits of fibre flax introduced varieties. Journal of Central European Agriculture. 19(1): 142-152.

9. DHMZ- Državni hidrometeorološki zavod, <https://meteo.hr/> -pristupio 28. 06. 2022.
10. Grant, C. A., Bailey, L. D., (1989.). The influence of Zn and P fertilizer on the dry matter yield and nutrient content of flax (*Linum usitatissimum* L.) on soils varying in Ca and Mg level. Canadian, Journal of Soil Science. 69 461-472.
11. Gonzalez D., Almendros P., Alvarez J. M. (2016.). Effects of synthetic Zn chelates on flax response and soil Zn status, Spanish Journal of Agriculture Research 14 (3), [https://www.researchgate.net/publication/307555388\\_Effects\\_of\\_synthetic\\_Zn\\_chelates\\_on\\_flax\\_response\\_and\\_soil\\_Zn\\_status](https://www.researchgate.net/publication/307555388_Effects_of_synthetic_Zn_chelates_on_flax_response_and_soil_Zn_status) – pristupio 01. 07. 2022
12. Jurić S. (2020.). Bioencapsulation as a sustainable delivery of active agents for plant nutrition/protection and production of functional foods. Doktorska disertacija, Prehrambeno-biotehnološki fakultet Sveučilišta u Zagrebu.
13. Lai, W. F., Rogach, A. L. (2017.). Hydrogel-based materials for delivery of herbal medicines: ACS Applied Materials & Interfaces, 9(13): 11309–11320.
14. Moraghan J. T. (1983.). Zinc deficiency of flax in North Dakota, North Dakota farm research - North Dakota, Agricultural Experiment Station (USA), [https://library.ndsu.edu/ir/bitstream/handle/10365/4728/farm\\_40\\_04\\_05.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://library.ndsu.edu/ir/bitstream/handle/10365/4728/farm_40_04_05.pdf?sequence=1&isAllowed=y) – pristupio 23. 06. 2022.
15. Moraghan J. T. (1984.). Differential responses of five species to phosphorus and zinc fertilizers. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 15: 437
16. Nofal, O.A., Zedian, M.S., Bakry, B.A. (2011.). Flax yield and quality traits as affected by zinc foliar application under newly reclaimed sandy soils. Journal of Applied Sciences Research 7(9): 1361 1367.
17. Pasković, F. (1957.). Morfološka i tehnološka svojstva nizozemskih sorata lana, Tekstil 6(4): 309-327.
18. Pospišil, Milan (1990.), Reakcija šećerne repe na način dorade sjemena i gnojidbu nekim organskim gnojivima. Magistarski rad, Fakultet poljoprivrednih znanosti sveučilišta u Zagrebu.

19. Rashwan, E., Alsohim, A.S., El-Gammaal, A., Hafez, Y., Abdelaal, K. (2020.). Foliar Application of Nano Zinc-Oxide Can Alleviate the Harmful Effects of Water Deficit on some Flax Cultivars under Drought Conditions. *Fresenius Environmental Bulletin* 29(10): 8889-8904.
20. Vinceković M., Jalšenjak N., Topolovec-Pintarić S., Đermić E., Bujan M., Jurić S. (2016.). Encapsulation of biological and chemical agents for plant nutrition and protection: *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 64(43): 8073-8083.
21. Vinceković M., Jurić S., Đermić E., Topolovec-Pintarić S., (2017.). Kinetics and mechanisms of chemical and biological agents release from biopolymeric microcapsules: *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 65(44): 9608-9617.

## Životopis

Filip Kljajić rođen je 23. 09. 1994. godine u Zagrebu. Školovanje započinje 2001. godine u Osnovnoj školi Mate Lovraka u Zagrebu koju završava 2009. godine. Srednjoškolsko obrazovanje započinje 2009. godine u Zagrebu, upisom Prehrambeno-tehnološke škole, smjer nutricionist, a maturira 2013. godine vrlo dobrim uspjehom. 2014. godine upisuje preddiplomski studij Zaštita bilja na Agronomskog fakultetu Sveučilišta u Zagrebu kojeg završava 2019. godine, a iste godine upisuje diplomski studij Biljne znanosti. Tijekom studiranja bavi se košarkom igrajući za momčad Agronomskog fakulteta.