

# Utjecaj sumporovodika i selena na fiziološki aktivne komponente kod pšenične trave

---

Šoštarić, Ana

Master's thesis / Diplomski rad

2020

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:*

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek /  
Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:560446>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-04-03**



Sveučilište Josipa Jurja  
Strossmayera u Osijeku

**Fakultet  
agrobiotehničkih  
znanosti Osijek**

*Repository / Repozitorij:*

[Repository of the Faculty of Agrobiotechnical  
Sciences Osijek - Repository of the Faculty of  
Agrobiotechnical Sciences Osijek](#)



SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Ana Šoštarić

Diplomski sveučilišni studij Bilinogojstvo

Smjer Ishrana bilja i tloznanstvo

**UTJECAJ SUMPOROVODIKA I SELENA NA FIZIOLOŠKI AKTIVNE  
KOMPONENTE KOD PŠENIČNE TRAVE**

**Diplomski rad**

**Osijek, 2020.**

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

Ana Šoštarić

Diplomski sveučilišni studij Bilinogojstvo

Smjer Ishrana bilja i tloznanstvo

**UTJECAJ SUMPOROVODIKA I SELENA NA FIZIOLOŠKI AKTIVNE  
KOMPONENTE KOD PŠENIČNE TRAVE**

**Diplomski rad**

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

1. izv. prof. dr. sc. Miroslav Lisjak, predsjednik
2. prof. dr. sc. Tihana Teklić, mentor
3. prof. dr. sc. Zdenko Lončarić, član
4. doc. dr. sc. Dejan Agić, zamjenski član

**Osijek, 2020.**

Diplomski rad je izrađen u sklopu uspostavnog istraživačkog projekta financiranog od strane Hrvatske Zaklade za Znanost pod naslovom: "Genotipska specifičnost pšenične trave (*Triticum aestivum* L.) visokonutritivnog prirodnog dodatka prehrani" (UIP-2017-05-4292; WHEAT4GRASS; <http://wheat4grass.pfos.hr>), voditelj projekta: izv. prof. dr. sc. Andrijana Rebecić, (2018-2022). Istraživači: izv. prof. dr. sc. Miroslav Lisjak, doc.dr.sc. Katarina Mišković Špoljarić, Vedran Orkić, mag. ing. agr., Sanja Grubišić, mag. ing. agr. Sunčica Guberac, mag. ing. agr. Asistent na projektu: Marija Kristić, mag. ing. agr.

## SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1.1. Nutritivna vrijednost pšenične trave.....	1
1.2. Prva istraživanja na pšeničnoj travi .....	1
1.3. Selen i sumpor u biljkama.....	2
1.4. Utjecaj kloroplastnih pigmenata na fotosintezu .....	2
1.5. Slobodni radikali i antioksidansi .....	3
1.6. Cilj istraživanja .....	4
2. PREGLED LITERATURE .....	5
3. MATERIJAL I METODE.....	10
3.1. Priprema otopina za imbibiciju .....	10
3.2. Postavljanje pokusa .....	10
3.3. Izmjena temperature u komori .....	11
3.4. Otkos.....	12
3.5. Određivanje ukupnih fenola.....	12
3.6. Određivanje flavonoida.....	13
1.1. Određivanje koncentracije fotosintetskih pigmenata.....	14
1.1. Određivanje suhe tvari.....	15
1.2. Analiza i obrada podataka.....	15
2. REZULTATI.....	16
3. RASPRAVA .....	42
4. ZAKLJUČAK .....	50
5. POPIS LITERATURE.....	51
6. SAŽETAK .....	53
7. SUMMARY .....	54
8. POPIS TABLICA.....	55
9. POPIS SLIKA .....	57
10. POPIS GRAFIKONA.....	58

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

BASIC DOCUMENTARY CARD

# 1. UVOD

## 1.1. Nutritivna vrijednost pšenične trave

Pšenica ili *Triticum aestivum* L. pripada porodici trava *Poaceae* i jedna je od najvažnijih žitarica u svijetu. Pšenicu možemo podijeliti prema načinu uzgoja na ozimu i jaru te prema kvaliteti zrna na običnu (*Triticum aestivum* L.) ili tvrdu pšenicu (*Triticum durum* L.). Pšenična trava je mlada biljka pšenice, a poznata je i pod nazivom „živa hrana“. Koristi se kao svježi sok ili prah u ljudskoj prehrani jer sadrži mnogo vitamina, minerala, aminokiselina i enzima kao što su superoksid dismutaza i citokrom oksidaza. Osim vrste *Triticum aestivum* L. u proizvodnji pšenične trave koriste se i *Agropyron spicatum* L., *Agropyron cristatum* L. te *Agropyron trachycaulum* L. Pšeničnu travu je najbolje sijati u kasnu jesen zbog iskorištavanja maksimalne koncentracije njezinih aktivnih tvari. Na početku proljeća jednostavni šećeri iz pšenične trave se pretvaraju u ugljikohidrate, bjelančevine i masti, a zbog niskih temperatura u proljeće pšenična trava raste dovoljno sporo kako bi se ta pretvorba dogodila prije preusmjerenja hranjivih tvari i energije na formiranje sjemena. Pšenična trava je bogata vitaminima A, C, E i B, mineralima kalcijem, fosforom, magnezijem, kalijem, cinkom, molibdenom i selenom; različitim enzimima kao što su proteaze, amilaze i lipaze. Također, sadrži i visok udio aminokiselina poput asparaginske kiseline, glutaminske kiseline, arginina, alanina i serina. Visok sadržaj vitamina koristi u antiasmatičnom i antialergijskom liječenju dok enzimi iz pšenične trave pokazuju antikancerogeno djelovanje. Zbog visokog sadržaja minerala i vitamina pšenična trava se sve češće koristi u prehrani jer reducira kolesterol, smanjuje širenje tumorskih stanica, regulira šećer u krvi, smanjuje količinu kiseline u krvi, povećava broj crvenih krvnih stanica te stimulira metabolizam. U uvjetima nedostatka hemoglobina njegovu ulogu preuzima klorofil zbog strukturne sličnosti i mogućnosti regeneracije što pozitivno djeluje na liječenje anemije.

## 1.2. Prva istraživanja na pšeničnoj travi

Prva istraživanja na pšeničnoj travi su započela 1930-tih kada je Charles Schnabel utvrđivao vrijednost različitih krmiva za životinje i na takav način poboljšao stočnu proizvodnju. U početku je Schnabel znao vrlo malo o hranjivim vrijednostima pšenične trave, ali je dokazao povećanje težine goveda i povećanje proizvodnje mlijeka za 30 % upravo zbog ishrane pšeničnom travom. U početku je istraživanje bilo usmjereno samo na domaće životinje ali kasnije kako su podaci istraživanja rasli, razvio je metodu dehidracije i prah pšenične trave prosljedio znanstvenicima koji su provodili medicinska istraživanja, te na taj način dokazali važnost pšenične trave za ishranu ljudi.

Nakon toga, 1926. dr. Saunders je radio na istraživanju o hranjivoj vrijednosti klorofila povezanog sa stvaranjem hemoglobina, temeljenom na podacima Charlesa Schnabela.

### **1.3. Selen i sumpor u biljkama**

Selen je element u tragovima ali važan za ljudsku prehranu. U biljkama izaziva brojne pozitivne i korisne reakcije. Najčešće ga biljke usvajaju preko korijenovog sustava u obliku selenata. Selen se metabolizira putem transportera i enzima sumpora pa stoga postoji njihov međusobni utjecaj. Unutar samih stanica selen ima pristup putu asimilacije sulfata i na taj način može utjecati na proizvodnju organskih sumpornih spojeva koji su od iznimne važnosti kod reakcije biljke na abiotski i biotski stres. S obzirom na to, da se sumpor i selen ponašaju slično, manipulacija metabolizmom selena je usmjerena na enzime koji sudjeluju u asimilaciji sulfata. Redukcija selanata u selenit usporava asimilaciju selenata u organski selen (Van Hoewyk i Çakir, 2017.). Selen ima sposobnost ublažavanja stresa induciranjem sinteze sumpornih i dušikovih spojeva. Također, može promijeniti unos određenih mikroelemenata kao što je molibden, ometati asimilaciju dušičnih spojeva, u malim dozama može poboljšati produktivnost biljaka povećavajući fotosintezu, te poboljšati tolerantnost na stres. Biljke imaju sposobnost usvajanja organskih oblika selena, a dva najčešća organska oblika selena su selenocistein (SeCys) i selenometionin (SeMet) (Guignardi i Schiavon, 2017.). Sumpor je neophodan element za rast i razvoj biljke, sudjeluje u sintezi aminokiselina cisteina i metionina te je aktivna komponenta brojnih kofaktora i proteinskih skupina. Na razinu sumpora u biljkama utječu različite doze i oblici selena (Boldrin i sur., 2016.). Male doze selenata i selenita povećavaju biomasu pšenice i ne pokazuju inhibitorni učinak na proizvodnju sjemena. Tretman selenatom povećava nakupljanje sumpora u biljkama što nije zamijećeno kod selenita. Tretiranje selenatom u malim dozama rezultira trostrukim nakupljanjem sumpora u biljkama. Selen može potaknuti antioksidativni kapacitet stanica u biljkama koje rastu u prisutnosti teških metala, pojačanom aktivnošću antioksidativnih enzima i sintezom neenzimatskih metabolita, te na taj način izazvati dismutaciju superoksidnog radikala ( $O_2^{\cdot-}$ ) u  $H_2O_2$  (Schiavon i sur., 2017.).

### **1.4. Utjecaj kloroplastnih pigmenata na fotosintezu**

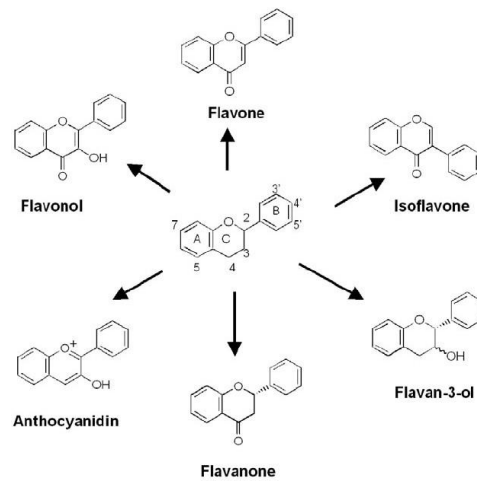
Slobodna energija koja se troši u biološkim sustavima potječe od Sunčeve energije apsorbirane u procesu fotosinteze. Mehanizam fotosinteze zahtijeva uzajamno djelovanje proteina i malih molekula. Sam proces fotosinteze se događa u kloroplastima, a pigmenti odnosno klorofili apsorbiraju svjetlost. Apsorbirana energija pobuđuje elektrone na više energijske razine. Svjetlost se koristi za stvaranje redukcijskog potencijala. Klorofil b i karotenoidi su važne molekule za

prikupljanje svjetla i slijevanje energije u reakcijsko središte. Razlika između klorofila a i b je u formilnoj skupini klorofila b. Ta razlika pomiče apsorpcijski maksimum prema središtu vidljivog dijela spektra pa tako klorofil b apsorbira svjetlo valnih duljina 450 i 500 nm. Osim klorofila i karotenoidi sudjeluju u prijenosu energije u reakcijske centre, a važni su još u smanjenju štetnosti fotokemijskih reakcija, posebno onih koje uključuju kisik (Berg i sur., 2013.).

### **1.5. Slobodni radikali i antioksidansi**

Važnost kisika za život kao i njegova toksičnost su uvjetovani elektronskom konfiguracijom. Kisik je biradikal s dva nesparena elektrona te ne može stvarati termodinamički stabilan par. Takva konfiguracija omogućuje redukciju kisika stupnjevitim nizom prijenosa jednog elektrona. Redukcija dovodi do stvaranja slobodnih radikala kisika i to: hidroperoksilnog radikala, superoksid radikala i vodikovog peroksida. Kako bi sparili svoj slobodni elektron i time stvorili stabilan spoj radikali stupaju u reakcije s anorganskim i organskim spojevima kao što su proteini, lipidi, ugljikohidrati i nukleinske kiseline. Takva reakcija je lančana u kojoj radikali stvaraju nove radikale i pojačavaju oštećenja. Zbog velike mogućnosti stvaranja slobodnih radikala organizam razvija prirodne mehanizme obrane. Antioksidans je spoj koji prisutan u maloj koncentraciji u odnosu na spoj koji se oksidira odgađa ili sprječava oksidaciju te tvari. Oksidacijski stres je pomak ravnoteže u staničnim oksidacijsko-redukcijskim reakcijama prema oksidaciji ili prekomjernom stvaranju slobodnih radikala. Uzroci koji dovode do poremećaja ravnoteže nastajanja radikala i antioksidacijske obrane mogu biti bakterijski, virusni i mehanički, a posebno uključuju gubitak antioksidanasa, povećanje količine prooksidanasa ili akumulaciju molekula oštećenih djelovanjem slobodnih radikala. Oksidacijski stres može dovesti do poremećaja staničnog metabolizma, oštećenja membranskih ionskih transportera i proteina te na kraju do peroksidacije lipida (Čvorišćec i Čepelak, 2009.). Polifenoli su široko rasprostranjeni u biljnom svijetu, a još ih nazivamo prirodnim antioksidansima. Posjeduju nekoliko aromatskih skupina -OH i najčešće se javljaju kao glikozidi, a najvažnijih su fenoli, fenolne kiseline, flavonoidi, tanini i lignini. Glavna funkcija antioksidanasa je da reagiraju sa slobodnim radikalima brže nego što oni reagiraju sa supstratom. Također, od velike su važnosti enzimatski antioksidansi koji neutraliziraju slobodne radikale odmah pri njihovom nastanku. Najpoznatiji je superoksid dismutaza koji štiti DNA i lipide (Amić, 2008.). Biljkama su za normalan rast i razvoj potrebni klorofili u procesu fotosinteze, dok ih antioksidansi štite od oksidativnog stresa i daljnjeg oštećenja. Primjena sumpora u obliku natrijevog hidrogen sulfida, pojačava aktivnost amilaze i esteraze, odnosno samnjuje nakupljanje vodikovog peroksida u sjemenu. Tretiranje sjemena natrijevim hidrogen sulfidom ima zaštitnu ulogu u sjemenu pšenice protiv osmotskog stresa (Zhang i sur., 2010.).





**Slika 1.** Flavonoidi i skupine flavonoida (Nishiumi i sur., 2011.).

### 1.6. Cilj istraživanja

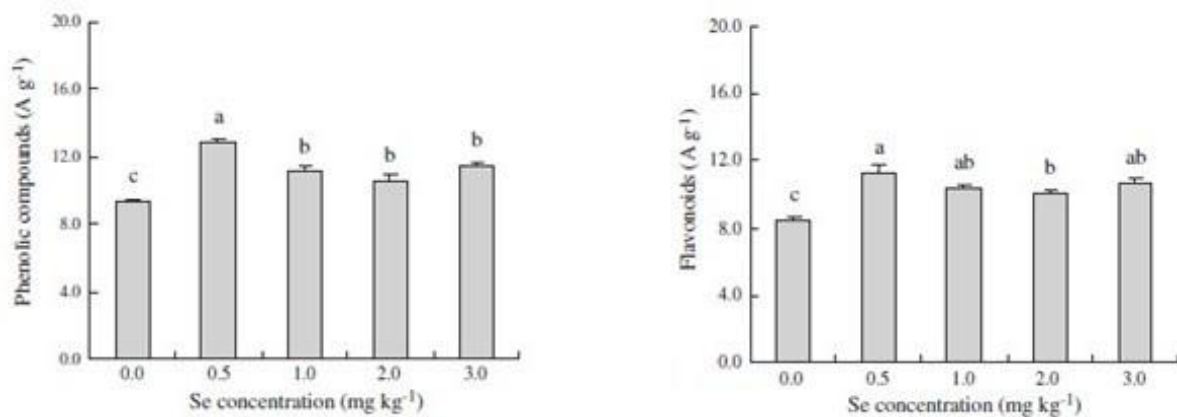
Cilj istraživanja je uzgojiti pšeničnu travu iz sjemena tri sorte (Katarina, Osječka 20 i Super Žitarka), te na temelju laboratorijskih analiza utvrditi da li tretman sjemena u kombinaciji s temperaturom pri uzgoju biljaka utječe na ispitivana funkcionalna svojstva, odnosno na sadržaj funkcionalnih komponenata u tkivu pšenične trave.

Osnovna hipoteza je bila da postoje razlike u sadržaju fenola, flavonoida, fotosintetskih pigmenata i suhe tvari u različitim sortama pšenične trave tretiranih otopinama natrijevog hidrogen sulfida, natrijevog selenata i kombinacijom natrijevog hidrogen sulfida s natrijevim selenatom.

Također, očekuje se različit sadržaj fenola, flavonoida, fotosintetskih pigmenata i suhe tvari pri temperaturama nižim i višim od optimalne temperature uzgoja pšenične trave.

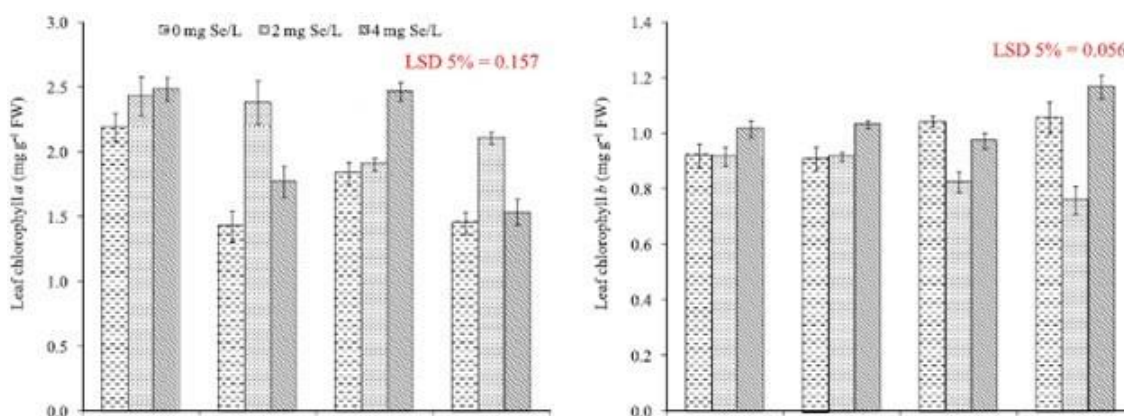
## 2. PREGLED LITERATURE

Chu i sur. (2009.) su istraživali utjecaj selen na pšeničnu travu pod utjecajem hladnog stresa. Ozljede od hladnoće su sve su veći problem u ratarskoj proizvodnji, a utječu na rast i razvoj same biljke. Hladni stres kod biljaka izaziva veliku proizvodnju slobodnih radikala, a time dolazi do oksidativnog stresa. Tijekom pokusa sjeme pšenice *Triticum aestivum* L. je tretirano natrijevim selenitom ( $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ ) u koncentraciji od 0,5 do 3  $\text{mg Se kg}^{-1}$  tla te izloženo temperaturama 25 °C i 4 °C (kroz 72 sata) u komori s fotoperiodom 12 sati dan, 12 sati noć. Pod hladnim stresom 4 °C utvrđen je različita biomasa i sadržaj klorofila u mladima pšenice tretirane različitim koncentracijama selen. U usporedbi s kontrolom, tretmani od 0,5, 1,0, 2,0 i 3,0  $\text{mg Se kg}^{-1}$  su rezultirali povećanjem sadržaja klorofila, dok je najveći sadržaj klorofila izmjerjen u tretmanu od 1,0  $\text{mg Se kg}^{-1}$ .



**Slika 2.** Sadržaj fenola i flavonoida pri različitim tretmanima selenom u pšenici (Chu i sur., 2009.)

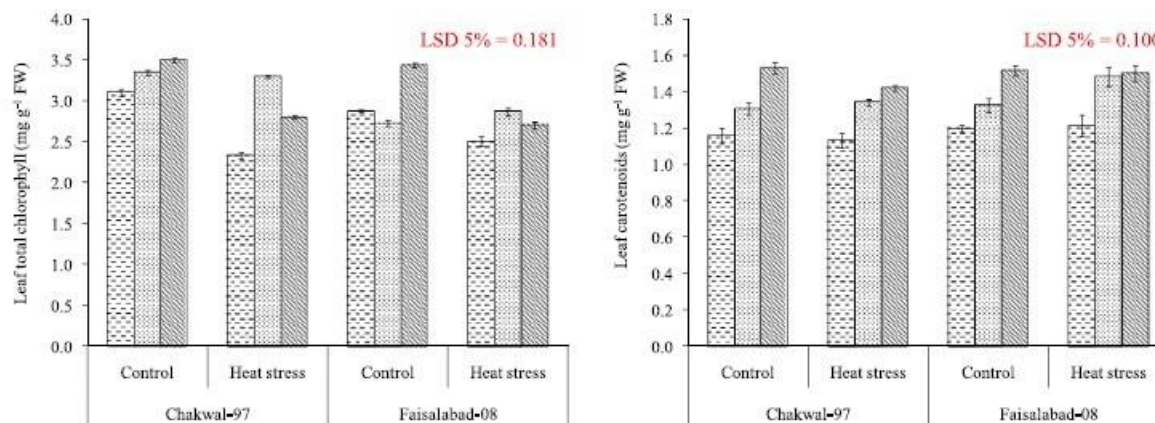
Utjecaj selena na smanjenje oksidativnog stresa i toleranciju na toplinski stres istraživali su Iqbal i sur. (2015.). Toplinski stres kao i hladni predstavljaju veliku prijetnju u proizvodnji žitarica, a posebno pšenice. Porast temperature izravno utječe na denaturaciju bjelančevina i pojačanu proizvodnju reaktivnih kisikovih jedinki koje mogu poremetiti homeostazu iona te na taj način inhibirati rast biljke. Optimalna temperatura za uzgoj pšenice je od 18 do 24 °C, a sve preko toga dovodi do značajnog smanjenja prinosa. U ovom istraživanju su ispitivane dvije sorte pšenice, Chakwal-97 koja podnosi sušu te Faisalabad-08, osjetljiva na sušu. Tretirane su natrijevim selenatom Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub> u koncentracijama od 0,2 i 4 mg Se L<sup>-1</sup> i izložene temperaturi od 38 °C. Selen nije utjecao na dužinu klasa dok je broj zrna značajno smanjen kod obje sorte izložene toplinskom stresu. Primjena selena (2 mg L<sup>-1</sup>) povećala je prinos zrna kod sorte Chakwal-97 u kontrolnom tretmanu gdje su biljke bile na otvorenom zbog cirkulacije zraka i izbjegavanja toplinskog stresa. Za razliku od toga, veća koncentracija (4 mg L<sup>-1</sup>) bila je djelotvornija u povećanju prinosa kod obje sorte.



**Slika 3.** Sadržaj klorofila a i b kod ispitivanih sorti pšenice pri različitim tretmanima selenom (Iqbal i sur., 2015.).

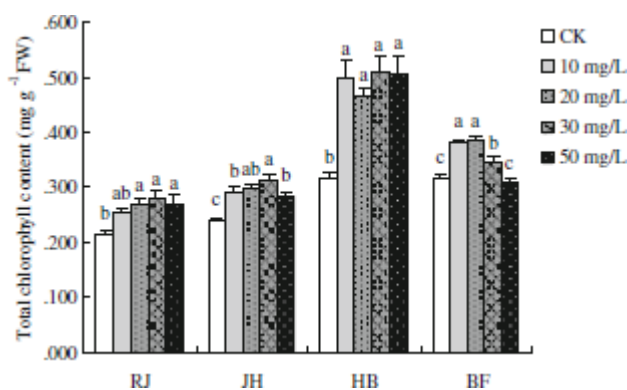
Primjena selena kod sorte Chakwal-97 je smanjila količinu vodikovog peroksida u tretmanu kontrole i tretmanu toplinskog stresa dok je kod sorte Faisalabad-08 visoka koncentracija selena (4 mgL<sup>-1</sup>) uzrokovala povećan sadržaj vodikovog peroksida u tretmanu kontrole, a smanjen sadržaj u tretmanu toplinskog stresa. Sadržaj fenola se smanjio kod sorte Chakwal-97 u tretmanu sa selenom u koncentraciji 2 mg L<sup>-1</sup>, dok se povećao u kontrolnom tretmanu kod sorte Faisalabad-08. Visoka koncentracija selena (4 mgL<sup>-1</sup>) u tretmanu toplinskog stresa je smanjila sadržaj antocijanina u biljkama. Toplinski stres je značajno utjecao na oksidativni stres te na čimbenike prinosa obje sorte pšenice.

Folijarna primjena selena povećala je plodnost regulacijom antioksidativnog sustava i stoga rezultati mogu biti korisni za kontrolu usjeva u poluaridnim područjima.



**Slika 4.** Ukupni sadržaj klorofila kod ispitivanih sorti pri različitim tretmanima selenom u tretmanu kontrole i toplinskog stresa (Iqbal i sur., 2015.)

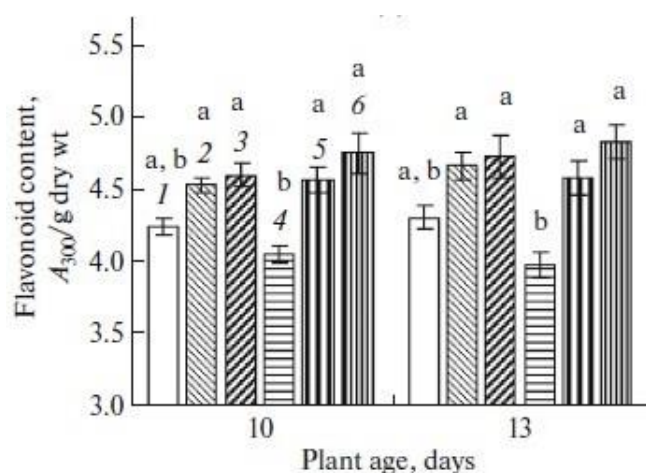
Chu i sur. (2013.) su istraživali utjecaj selena na fiziološka svojstva pšenice, kao i sadržaj selena kroz različite faze razvoja pšenice. Tretiranje selenom je bilo u obliku natrijevog selenita ( $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ ) u različitim koncentracijama i različitim razvojnim stadijima pšenice. Sadržaj klorofila se znatno razlikovao u svim tretmanima u odnosu na kontrolu. Najveći sadržaj klorofila je pokazala pšenica u fazi cvatnje pri koncentracijama selena 10, 20 i 30 mg L<sup>-1</sup> dok pri tretiranju s koncentracijom 50 mg L<sup>-1</sup> nije bilo značajnog utjecaja na sadržaj klorofila.



**Slika 5.** Utjecaj različitih tretmana selenom na ukupni sadržaj klorofila kroz različite faze razvoja pšenice (Chu i sur., 2013.)

Yao i sur. (2010.) su istraživali utjecaj selen na antioksidativna svojstva kod pšenice izložene ultraljubičastom-B zračenju. Mehanizam toksičnosti UV-B zračenja uključuje oksidativna oštećenja što znači da zaštitni mehanizam u biljkama ne reagira, a biljka ne raste i ne razvija se. U pokusu je korišteno sjeme pšenice *Triticum aestivum* L., te natrijev selenit ( $\text{Na}_2\text{SeO}_3$ ) dodan u tlo u koncentracijama od 0,5 do 3,0 mg Se  $\text{kg}^{-1}$  tla. Pojačano UV-B zračenje je postignuto fluorescentnim žaruljama, a tretmani su započeti odmah nakon sjetve. U usporedbi s kontrolom, tretman sa selenom u koncentraciji 0,5 mg Se  $\text{kg}^{-1}$  pokazao je neznatni rast mase korijena i ukupne biomase ali nije bio statistički značajan. Pri koncentraciji 1,0 mg Se  $\text{kg}^{-1}$  zapažena je povećana količina mase izdanaka, težine korijena i ukupne biomase, dok između koncentracija 2,0 i 3,0 mg Se  $\text{kg}^{-1}$  nije utvrđena značajna razlika. U usporedbi s kontrolom, primjena nižih koncentracija selen nije imala značajan utjecaj na sadržaj antocijanina, fenola i flavonoida. Sadržaj fenola i antocijanina se povećao u tretmanu sa selenom koncentracije 1,0 i 2,0 mg Se  $\text{kg}^{-1}$  dok je selen u koncentraciji 1,0 mg Se  $\text{kg}^{-1}$  utjecao i na povećanje sadržaja flavonoida. Znanstvenici smatraju da su flavonoidi glavni odgovor na štetno UV-B zračenje jer redukcijom propusnosti fotona kroz tkivo lišća štite biljke.

Kolupaev i sur. (2019.) su istraživali utjecaj sumporovodika na antioksidativni i osmoprotektivni sustav pšenične trave u uvjetima suše u tlu. Biljke su tretirane natrijevim hidrogen sulfidom (NaHS) u količini od 0,1 do 0,5 mM.



**Slika 6.** Utjecaj različitih količina NaHS-a na sadržaj flavonoida u pšeničnoj travi (Kolupaev i sur., 2019.)

Sadržaj sumporovodika se mijenja u stanicama biljaka uslijed stresa kao što je niska temperatura, zaslanjenost tla i prisutnost teških metala u tlu. U pokusu su biljke uzgajane u kontroliranim uvjetima te nakon sedam dana prskane vodom ili natrijevim hidrogen sulfidom u količinama 0,1, 0,3, 0,5 i 1,0 mM. Suša je postignuta smanjenim navodnjavanjem. Na treći i šesti dan suše je analiziran sadržaj antioksidativnih enzima i flavonoida, dok su fotosintetski pigmenti mjereni zadnji dan. Nakon šest dana suše rast nadzemnih dijelova pšenice je bio znatno inhibiran ali primjenom natrijevog hidrogen sulfida u količini 0,1 do 0,5 mM, inhibicija je smanjena.

### 3. MATERIJAL I METODE

#### 3.1. Priprema otopina za imbibiciju

Za postupak imbibicije sjemena pšenice su pripremljene tri otopine. Otopina natrijevog hidrogen sulfida, otopina natrijevog selenata i kombinacija te dvije otopine. Za pripremu prve otopine korišten je tarionik u kojem je usitnjen natrijev hidrogen sulfid, a nakon toga izvagano 0,0112 g na preciznoj vagi. Nakon toga natrijev hidrogen sulfid je preko parafilm papira prenešen u tikvicu od 1 L te je tikvica napunjena do oznake destiliranom vodom. Kod pripreme druge otopine izvagano je 0,0153 g natrijevog selenata na preciznoj vagi, preko parafilm papira prenešeno u tikvicu od 1 L i napunjeno do oznake destiliranom vodom. Kod pripreme treće otopine su izvagane iste mase natrijevog hidrogen sulfida i natrijevog selenata te su prenešene preko parafilm papira u tikvicu od 1 L, a tikvica je napunjena destiliranom vodom do oznake.



Slika 7. Imbibicija sjemena pšenice (Ana Šošćarić)

#### 3.2. Postavljanje pokusa

Prilikom pripreme zrna pšenice korištene su tri sorte Katarina, Osječka 20 i Super žitarka. Po 13 g zrna od svake sorte je stavljeno u 36 Petrijevih zdjelica i imbibirano s 10 mL vode kao kontrolnim tretmanom, 10 mL natrijevog hidrogen sulfida (NaHS), 10 mL natrijevog selenata (Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub>) i 10 mL kombinacije natrijevog hidrogen sulfida s natrijevim selenatom (NaHS+Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub>).

Posude za naklijavanje napunjene su s 300 g supstrata te podijeljene na dva jednaka dijela odvojena pregradom. Supstrat je zaliven s 40 mL destilirane vode neposredno prije sjetve. Nakon imbibicije zrno je ravnomjerno raspoređeno na supstrat, prekriveno sa 60 g supstrata i zaliveno s 50 mL destilirane vode. Nakon sjetve pripremljena je komora za kontrolirani uzgoj biljaka na 70 % vlage, temperaturom 20 °C i postavljenim fotoperiodom od kojih je bilo 14 sati dan i 10 sati noć.



**Slika 8.** Pripremljeni supstrat (Ana Šoštarić)

### **3.3. Izmjena temperature u komori**

Pokus je ponavljan tri puta s različitim temperaturama postavljenim zadnjih 48 sati. Prvo ispitivanje je trajalo 12 dana na temperaturi 20 °C, drugo ispitivanje je trajalo 12 dana od čega je 10 dana temperatura u komori bila 20 °C, a zadnjih 48 sati 10 °C, dok je treće ispitivanje trajalo 12 dana, od čega je 10 dana bilo na temperaturi 20 °C, a zadnjih 48 sati na 30 °C. Biljke su na ovaj način bile izložene temperaturnom stresu.



### 3.4. Otkos

Nakon 12 dana u komori napravljen je otkos pšenične trave pri samom dnu nadzemnog dijela biljke. Biljni materijal je spremljen u aluminijsku foliju i pohranjen u zamrzivač na temperaturi - 80 °C do idućeg dana. Nakon otkosa je napravljeno maceriranje tekućim dušikom i vaganje uzoraka na preciznoj laboratorijskoj vagi, za analizu sadržaja fenola i flavonoida 0,2 g te za fotosintetske pigmente 0,5 g.

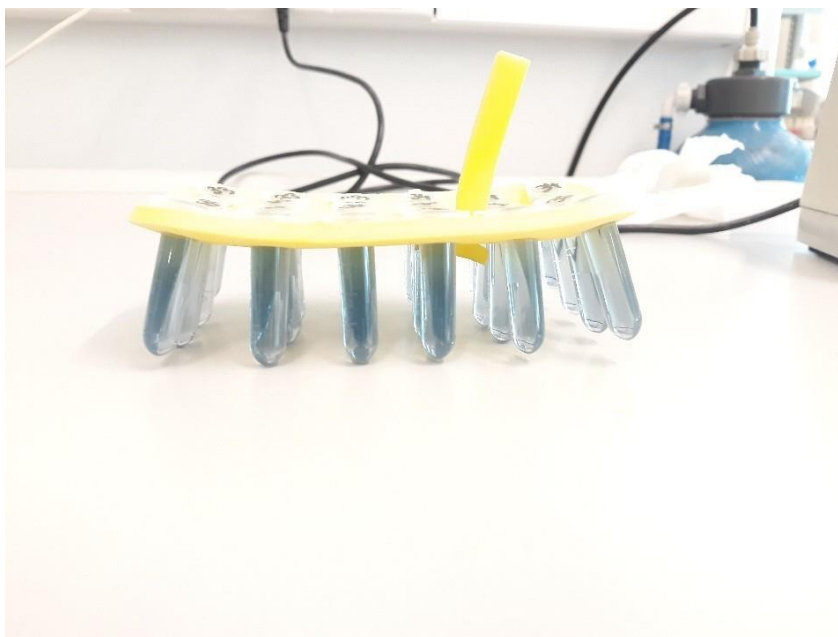


**Slika 9.** Pšenična trava spremna za otkos (Ana Šoštarić)

### 3.5. Određivanje ukupnih fenola

Prilikom utvrđivanja ukupnih fenola u tkivu pšenične trave korištena je metoda po Folin-Ciocalteu. Kao standard za izradu kalibracijske krivulje je korištena galna kiselina odnosno otopina galne kiseline koncentracije  $5 \text{ mg mL}^{-1}$ . U odmjernej tikvici od 100 mL otopljeno je 5 mg GA (galne kiseline) u 10 mL 96 % etanola i nadopunjeno s  $\text{dH}_2\text{O}$  do oznake na tikvici. Od pripremljene stock otopine su priređena potrebna razrjeđenja. Kod pripreme zasićene otopine  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  otopljeno je 100 g bezvodnog  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  u 400 mL  $\text{dH}_2\text{O}$  te je otopina zagrijana do vrenja. Nakon hlađenja otopini je dodano nekoliko kristalića  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Nakon 24 h otopina je

profiltrirana i nadopunjena s dH<sub>2</sub>O do 500 mL Otopina je čuvana na sobnoj temperaturi. U dobro ohlađenu plastičnu epruvetu s čepom od 15 mL dodano je 0,5 g svježeg tkiva prethodno izmaceriranog tekućim dušikom i 2,5 mL 70 % etanola. Nakon toga, uzorci su dobro vorteksirani i spremljeni u zamrzivač na -20 °C na 48 h. Nakon 48 h u zamrzivaču uzorci su promiješani u mješalici i stavljeni u centrifugu 15 minuta, na 6000 okretaja i pri temperaturi 4°C. U plastične epruvete od 2 mL je pipetirano 100 µL uzorka, dodano 1,5 mL dH<sub>2</sub>O i 100 µL Folin-Ciocalteu reagensa te promiješano. Nakon 5 minuta je dodano 300 µL zasićene otopine Na<sub>2</sub>O<sub>3</sub> i ponovno dobro promiješano. Reakcijska smjesa je inkubirana na 37 °C 60 minuta, a nakon toga je izmjerena apsorbanca pomoću spektrofotometra pri 765 nm. Koncentracija ukupnih fenola je dobivena iz jednadžbe pravca kalibracijskog dijagrama i izražena u ekvivalentima galne kiseline (mg GAE g<sup>-1</sup> tkiva).



**Slika 10.** Uzorci pripremljeni za inkubaciju (Ana Šoštarčić)

### 3.6. Određivanje flavonoida

Kod pripreme uzoraka za određivanje flavonoida iz pšenične trave izvagano je na preciznoj vagi 0,5 g svježeg tkiva izmaceriranog s tekućim dušikom te stavljeno u dobro ohlađenu plastičnu epruvetu od 15 mL s čepom. Nakon toga je dodano 2,5 mL 70 % etanola, promiješano na mješalici i spremljeno u zamrzivač na temperaturu -20 °C 48 h. Nakon 48 h uzorci su promiješani na mješalici i stavljeni na centrifugu na 6000 okretaja 15 minuta. Uslijedila je dekantacija u plastične epruvete s čepom od 2 mL. Takav dekantiran supernatant se čuva u zamrzivaču na -20 °C. Za mjerenje flavonoida je pipetirano 200 µL supernatanta odnosno ekstrakta flavonoida iz uzoraka

biljnog tkiva u plastičnu epruvetu s čepom od 2 mL. Zatim je dodano 1700  $\mu\text{L}$  96 % etanola i 100  $\mu\text{L}$  4 %  $\text{AlCl}_3$  te dobro promiješano na mješalici. U idućih 60 minuta je obavljena inkubacija pri sobnoj temperaturi i u mraku, a nakon toga je obavljeno mjerenje spektrofotometrom pri 415 nm u kvarcnoj kivetu. Kod pripreme standarda je pripremljen koncentracijski gradijent odnosno kalibracijski dijagram s 0-40  $\mu\text{g mL}^{-1}$  kvercetina (KV) pipetiranjem u plastične epruvete s čepom od 2 mL. Standard broj 1 koji predstavlja nulu priprema se sa 70 % etanolom jer su uzorci biljnog materijala ekstrahirani sa 70 % etanolom. Pipetirano je 100  $\mu\text{L}$  4 %  $\text{AlCl}_3$ , promiješano na mješalici i stavljeno na inkubaciju pri sobnoj temperaturi kroz 60 minuta, a zatim izmjereno na spektrofotometru pri 415 nm u kvarcnoj kivetu. Koncentracija flavonoida je izračunata pomoću kalibracijskog pravca i izražena u mg KV u 100 g svježe tvari.

### 1.1. Određivanje koncentracije fotosintetskih pigmenata

Koncentracija fotosintetskih pigmenata (klorofila a, klorofila b, ukupnih klorofila a i b i karotenoida) određena je spektrofotometrijski po Holmu i Wetstteinu. Zbog fotosenzibilnosti pigmenata postupak ekstrakcije i određivanja pigmenata je obavljen brzo i u zamračenim uvjetima. Tijekom pripreme uzorka na preciznoj vagi je izvagano 0,2 g uzorka i izmacerirano tekućim dušikom te stavljeno u prethodno dobro ohlađenu epruvetu od 15 mL s čepom. U epruvetu je dodano malo praha  $\text{MgCO}_3$  zbog neutralizacije kiselosti i preliveno s 10 mL acetona. Uzorci su dobro promiješani na mješalici i stavljeni u centrifugu na 4000 okretaja kroz 10 minuta. Supernatanti su pipetirani u kivetu i mjereni u spektrofotometru. Spektrofotometrom se očitava transmisija na 662,644 i 440 nm pri čemu je aceton služio kao slijepa proba. Dobivene vrijednosti apsorpcije ( $A_{662}$ ,  $A_{644}$ ,  $A_{440}$ ) se uvrštavaju u Holm-Wetstteinove jednadžbe za izračunavanje koncentracije pigmenata u  $\text{mg L}^{-1}$  ekstrakta.

$$\text{Klorofil a} = 9,784 \times A_{662} - 0,990 \times A_{644}$$

$$\text{Klorofil b} = 21,426 \times A_{644} - 4,65 \times A_{662}$$

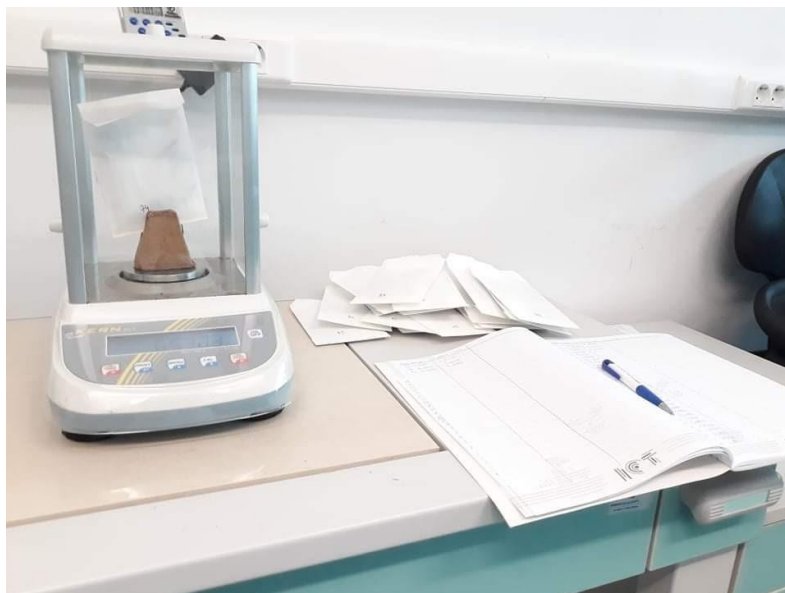
$$\text{Klorofil a+b} = 5,134 \times A_{662} + 20,436 \times A_{644}$$

$$\text{Karotenoidi} = 4,695 \times A_{440} - 0,268 \times (\text{klorofil a+b})$$

Vrijednosti su preračunate i izražene kao miligrami na gram svježe tvari ( $\text{mg g}^{-1}$  sv. t.). Zbog značajnosti koncentracije i odnosa pojedinih pigmenata, računa se odnos klorofila a i b, te odnos ukupnih klorofila i karotenoida.

### 1.1. Određivanje suhe tvari

Prilikom otkosa pripremani su uzorci za mjerenje suhe tvari pšenične trave. Prije vaganja svježeg tkiva pšenične trave izvagane su vrećice u koje je stavljeno svježe tkivo. Prosječna masa svake prazne vrećice bila je 2,35 g, a masa svježeg tkiva 3,00 g. Sadržaj vrećice je stavljen na sušenje u sušioniku 24 h pri  $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Nakon sušenja vrećice sa suhom tvari su ponovno izvagane na preciznoj vagi te je izvršeno računanje mase suhe tvari.



Slika 11. Vaganje vrećica za analizu suhe tvari (Ana Šoštarić)

### 1.2. Analiza i obrada podataka

Analize fenola, flavonoida i fotosintetskih pigmenata odrađene su pomoću spektrofotometra Varian Cary 50 UV-VIS Spectrophotometer, a određivanje suhe tvari u sušioniku na  $105\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Obrada rezultata je napravljena statističkim metodama pomoću SAS Software 9.1.3., programske podrške (2002., 2003., SAS Institute Inc., Cary, USA) te Microsoft Excel Office 2007. Statistički testovi koji su korišteni su F test, LSD test (Least Significant Difference) te uobičajna statistička metoda analize varijance ANOVA.

## 2. REZULTATI

**Tablica 1.** Utjecaj temperature (10, 20 i 30°C) i predstjetvenih tretmana sjemena vodom odnosno otopinama NaHS (200 µM), Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub> (7,5 µM) i NaHS + Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub>, na sadržaj fenola (mg GA g<sup>-1</sup> sv.t.) u pšeničnoj travi kod sorti Katarina, Osječka 20 i Super Žitarka.

		H <sub>2</sub> O	NaHS	Na <sub>2</sub> SeO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> SeO <sub>4</sub> +NaHS	F test <i>p</i> LSD
<b>Katarina</b>	10 °C	1,684 A/Y	1,787 A/XY	1,917 A/X	1,936 A/X	5,80 0,0209 0,1601
	20 °C	1,292 B/	1,035 B/	1,100 B/	1,111 B/	1,18 0,3756
	30 °C	0,835 C/Y	1,065 B/X	1,133 B/X	1,174 B/X	8,99 0,0061 0,1646
	F test <i>p</i> LSD	15,39 0,004 0,374	105,86 <0,0001 0,1432	35,80 0,0005 0,2675	237,21 <0,0001 0,1031	
<b>Osječka 20</b>	10 °C	2,057 A/Y	2,070 A/Y	2,231 A/XY	2,394 A/X	6,18 0,0177 0,2081
	20 °C	1,338 B/	1,405 B/	1,319 B/	1,122 B/	1,20 0,3712
	30 °C	1,076 B/Z	1,306 B/X	1,172 B/Y	1,292 B/X	27,77 0,0001 0,067
	F test <i>p</i> LSD	24,40 0,003 0,355	141,53 <0,0001 0,1209	65,14 <0,0001 0,2458	83,22 <0,0001 0,2621	
<b>Super Žitarka</b>	10 °C	1,671 A/	1,798 A/	1,917 A/	2,040 A/	3,25 0,0810
	20 °C	1,159 B/	1,022 B/	1,223 B/	1,201 B/	1,69 0,2454
	30 °C	1,114 B/	1,072 B/	1,101 B/	1,057 B/	0,40 0,7597
	F test <i>p</i> LSD	22,76 0,001 0,224	34,74 0,0005 0,2549	74,96 <0,0001 0,1761	41,40 0,0003 0,2856	

\*prikazani podaci su izračunate razine značajnosti (P) prema F testu, a značajne razlike između tretmana označene su različitim slovima prema LSD testu (A, B, C, X, Y, Z ≤ 0,05)

Kod sorte Katarina je utvrđen značajan utjecaj temperature na sadržaj fenola pri svim varijantama imbibicije sjemena ( $\text{H}_2\text{O}$   $p=0,0043$ , NaHS  $p\leq 0,0001$ ,  $\text{Na}_2\text{SeO}_4$   $p=0,0005$ , NaHS +  $\text{Na}_2\text{SeO}_4$   $p\leq 0,0001$ ). LSD testom je utvrđen značajno veći sadržaj fenola pri svim varijantama imbibicije pri temperaturi 10 °C. Pri 20 i 30 °C je utvrđen statistički značajno manji sadržaj fenola u varijantama NaHS,  $\text{Na}_2\text{SeO}_4$  i NaHS +  $\text{Na}_2\text{SeO}_4$  te se ove vrijednosti nisu međusobno značajno razlikovale. Najniži sadržaj fenola kod sorte Katarina je utvrđen pri 30 °C u varijanti gdje je sjeme primirano vodom.

Pri 10 i 30 °C je utvrđen značajan utjecaj varijanti osmopriranja na sadržaj fenola. Obje varijante osmopriranja selenom su imale značajno veći sadržaj fenola od varijante primiranja vodom odnosno NaHS čije se vrijednosti nisu značajno razlikovale. Pri 30 °C najmanji sadržaj fenola je utvrđen u varijanti primiranja vodom, dok se ostale varijante nisu međusobno značajno razlikovale.

Kod sorte Osječka 20 je utvrđen značajan utjecaj temperature na sadržaj fenola pri svim varijantama imbibicije sjemena ( $\text{H}_2\text{O}$   $p=0,0013$ , NaHS  $p\leq 0,0001$ ,  $\text{Na}_2\text{SeO}_4$   $p\leq 0,0001$ , NaHS +  $\text{Na}_2\text{SeO}_4$   $p\leq 0,0001$ ). LSD testom je utvrđen značajno veći sadržaj fenola pri svim varijantama imbibicije pri 10 °C. Pri 20 i 30 °C je utvrđen statistički značajno manji sadržaj fenola u svim varijantama primiranja te se vrijednosti nisu međusobno statistički značajno razlikovale. Najniži sadržaj fenola kod sorte Osječka 20 je utvrđen pri 30 °C gdje je sjeme primirano vodom.

Pri temperaturama 10 i 30 °C je utvrđen značajan utjecaj varijanti osmopriranja na sadržaj fenola. Osmopriranje selenom pri 10 °C je pokazalo značajno veći sadržaj fenola od varijante primiranja vodom i NaHS, dok je pri 30 °C primiranje NaHS pokazalo značajno veći sadržaj fenola u odnosu na varijante primiranja vodom i selenom čije su se vrijednosti značajno razlikovale. Najniži sadržaj fenola je utvrđen pri 30 °C u varijanti primiranja vodom.

Kod sorte Super Žitarka je također utvrđen značajan utjecaj temperature na sadržaj fenola pri svim varijantama imbibicije sjemena ( $\text{H}_2\text{O}$   $p=0,0016$ , NaHS  $p=0,0005$ ,  $\text{Na}_2\text{SeO}_4$   $p\leq 0,0001$ , NaHS +  $\text{Na}_2\text{SeO}_4$   $p=0,0003$ ). Pri temperaturi 10 °C, LSD testom je utvrđen značajno veći sadržaj fenola pri svim varijantama imbibicije. Pri 20 i 30 °C je utvrđen statistički značajno manji sadržaj fenola u svim varijantama primiranja te se one nisu međusobno značajno razlikovale. Sorta Super Žitarka nije pokazala značajan utjecaj varijanti osmopriranja na sadržaj fenola.

**Tablica 2.** Utjecaj temperature (10, 20 i 30 °C) i predstjetvenih tretmana sjemena vodom odnosno otopinama NaHS (200 µM), Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub> (7,5 µM) i NaHS + Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub>, na sadržaj flavonoida (mg KV g<sup>-1</sup> sv.t.) u pšeničnoj travi kod sorti Katarina, Osječka 20 i Super Žitarka.

		H <sub>2</sub> O	NaHS	Na <sub>2</sub> SeO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> SeO <sub>4</sub> +NaHS	F test <i>p</i> LSD
<b>Katarina</b>	10 °C	0,686 A/	0,689 A/	0,653 A/	0,566 A/	1,68 0,2477
	20 °C	0,424 B/	0,278 B/	0,319 B/	0,345 B/	1,60 0,2642
	30 °C	0,290 B/Y	0,341 C/XY	0,355 B/X	0,386 B/X	6,08 0,0185 0,0525
	F test <i>p</i> LSD	17,19 0,0033 0.168	253,93 <0,0001 0,0482	36,11 0,0005 0,1056	5,16 0,0496 0,1789	
<b>Osječka 20</b>	10 °C	0,964 A/	0,919 A/	0,909 A/	0,925 A/	0,65 0,6039
	20 °C	0,478 B/	0,520 B/	0,433 B/	0,404 B/	0,74 0,5587
	30 °C	0,433 B/Z	0,469 B/Y	0,441 B/YZ	0,520 B/X	19,33 0,0005 0,0292
	F test <i>p</i> LSD	27,03 0,0010 0,196	139,42 <0,0001 0,0724	72,26 <0,0001 0,111	53,30 0,0002 0,1297	
<b>Super Žitarka</b>	10 °C	0,507 A/	0,584 A/	0,499 A/	0,564 A/	0,84 0,5098
	20 °C	0,293 B/	0,232 B/	0,266 B/	0,249 B/	1,47 0,2949
	30 °C	0,277 B/	0,242 B/	0,270 B/	0,242 B/	2,91 0,1012
	F test <i>p</i> LSD	11,85 0,0082 0,1289	56,03 0,0001 0,0927	32,00 0,0006 0,0814	35,99 0,0005 0,106	

\*prikazani podaci su izračunate razine značajnosti (P) prema F testu, a značajne razlike između tretmana označene su različitim slovima prema LSD testu (A, B, C, X, ,Y, Z ≤ 0,05)

Kod sorte Katarina je utvrđen značajan utjecaj temperature na sadržaj flavonoida pri svim varijantama imbibicije sjemenan ( $\text{H}_2\text{O}$   $p=0,0033$ , NaHS  $p\leq 0,0001$ ,  $\text{Na}_2\text{SeO}_4$   $p=0,0005$ , NaHS +  $\text{Na}_2\text{SeO}_4$   $p=0,0496$ ). Veći sadržaj flavonoida je utvrđen LSD testom u svim varijantama imbibicije pri 10 °C. Pri 20 i 30 °C je utvrđen statistički značajno manji sadržaj flavonoida u varijantama  $\text{Na}_2\text{SeO}_4$ , NaHS +  $\text{Na}_2\text{SeO}_4$  i imbibiciji u vodi te se njihove vrijednosti nisu međusobno značajno razlikovale. Najniži sadržaj flavonoida je utvrđen pri 20 °C u varijanti gdje je sjeme primirano s NaHS.

Pri 30 °C je utvrđen značajan utjecaj varijanti osmopriranja na sadržaj flavonoida. Kod primiranja selenom je utvrđen značajno veći sadržaj flavonoida u odnosu na varijantu primiranja vodom i NaHS čije se vrijednosti nisu značajno razlikovale. Najniži sadržaj flavonoida je utvrđen u varijanti primiranja vodom pri 30 °C, dok se ostale vrijednosti nisu međusobno značajno razlikovale.

Kod sorti Osječka 20 i Super Žitarka je utvrđen značajan utjecaj temperature na sadržaj flavonoida pri svim varijantama imbibicije sjemena. LSD testom je utvrđen značajno veći sadržaj flavonoida pri svim varijantama imbibicije pri temperaturi 10 °C dok je pri 20 i 30 °C utvrđen statistički značajno manji sadržaj flavonoida u svim varijantama imbibicije te se ove vrijednosti nisu međusobno značajno razlikovale. Najniži sadržaj flavonoida je utvrđen kod sorte Osječka 20 pri 30 °C u varijanti gdje je sjeme primirano vodom, a kod sorte Super Žitarka pri 20 °C u varijanti gdje je sjeme primirano s NaHS.

Kod sorte Osječka 20 pri temperaturi 30 °C je utvrđen značajan utjecaj osmopriranja na sadržaj flavonoida. Osmopriranje sumporom je pokazalo značajno veći sadržaj flavonoida od primiranja s vodom i selenom čije se vrijednosti nisu značajno razlikovale. Kod sorte Super Žitarka nije utvrđen značajan utjecaj varijanti osmopriranja na sadržaj flavonoida.



**Tablica 3.** Utjecaj temperature (10, 20 i 30 °C) i predsjetvenih tretmana sjemena vodom odnosno otopinama NaHS (200 µM), Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub> (7,5 µM) i NaHS + Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub>, na sadržaj klorofila A (mg g<sup>-1</sup> sv.t.) u pšeničnoj travi kod sorte Katarina, Osječka 20 i Super Žitarka.

		H <sub>2</sub> O	NaHS	Na <sub>2</sub> SeO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> SeO <sub>4</sub> +NaHS	F test <i>p</i> LSD
<b>Katarina</b>	10 °C	0,974 A/X	0,819 A/Y	0,826 /Y	0,928 /XY	5,05 0,0299 0,111
	20 °C	0,931 B/	0,716 AB/	0,845 /	1,071 /	1,07 0,4150
	30 °C	1,396 B/X	1,016 B/Y	1,171 /Y	1,126 /Y	9,67 0,0049 0,1672
	F test	6,86	6,65	2,56	2,07	
	<i>p</i>	0,0282	0,0300	0,1569	0,2067	
	LSD	0,3387	0,2045			
<b>Osječka 20</b>	10 °C	1,050 /	0,922 A/	0,995 A/	0,944 A/	2,28 0,1561
	20 °C	0,894 /Y	0,525 B/Z	1,054 B/XY	1,173 A/X	11,86 0,0026 0,2666
	30 °C	1,135 /	1,426 C/	1,358 B/	1,324 B/	2,99 0,0957
	F test	2,95	46,61	8,41	9,67	
	<i>p</i>	0,1282	0,0002	0,0182	0,0133	
	LSD		0,2288	0,233	0,2134	
<b>Super Žitarka</b>	10 °C	0,965 /	0,932 A/	0,855 A/	0,865 A/	1,11 0,4000
	20 °C	1,071 /X	0,764 B/YZ	0,629 B/Z	0,905 B/XY	6,02 0,0190 0,2521
	30 °C	1,145 /	1,374 B/	1,582 B/	1,232 B/	2,81 0,1077
	F test	0,84	19,69	33,78	6,25	
	<i>p</i>	0,4778	0,0023	0,0005	0,0341	
	LSD		0,2455	0,2968	0,2784	

\*prikazani podaci su izračunate razine značajnosti (P) prema F testu, a značajne razlike između tretmana označene su različitim slovima prema LSD testu (A, B, C, X, Y, Z ≤ 0,05)

Kod sorte Katarina je utvrđen značajan utjecaj temperature na sadržaj klorofila a pri imbibiciji sjemena u varijantama s vodom i NaHS ( $H_2O$   $p=0,0282$ , NaHS  $p=0,0300$ ). LSD testom je utvrđen značajno veći sadržaj klorofila a u varijantama s vodom i NaHS pri 30 °C. Pri 10 i 20 °C je utvrđen statistički značajno manji sadržaj klorofila a te su se vrijednosti značajno razlikovale kod imbibicije vodom. Najniži sadržaj klorofila a kod sorte Katarina je utvrđen pri 20 °C u varijanti gdje je sjeme primirano s NaHS.

Pri 10 i 30 °C je utvrđen značajan utjecaj varijanti primiranja sjemena na sadržaj klorofila a. Obje varijante osmoprimiranja vodom su imale značajno veći sadržaj klorofila a od ostalih varijanti čije se vrijednosti nisu značajno razlikovale. Najmanji sadržaj klorofila a je utvrđen pri 10 °C u varijanti primiranja s NaHS.

Kod sorte Osječka 20 je utvrđen značajan utjecaj temperature pri imbibiciji sjemena u varijantama NaHS,  $Na_2SeO_4$  i NaHS +  $Na_2SeO_4$  (NaHS  $p=0,0002$ ,  $Na_2SeO_4$   $p=0,0182$ , NaHS +  $Na_2SeO_4$   $p=0,0133$ ). LSD testom je utvrđen značajno veći sadržaj klorofila a u navedenim varijantama pri 30 °C. Pri 10 i 20 °C je utvrđen statistički značajno manji sadržaj u varijantama NaHS i  $Na_2SeO_4$  te su se njihove vrijednosti međusobno značajno razlikovale. Najmanji sadržaj klorofila a kod sorte Osječka 20 je utvrđen pri 20 °C u varijanti gdje je sjeme primirano s NaHS.

Pri 20 °C je utvrđen značajan utjecaj varijanti tretmana sjemena na sadržaj klorofila a. Primiranje sjemena selenom je rezultiralo značajno većim sadržaj klorofila a u listu mladih biljaka pšenice od varijanti primiranja sjemena vodom i NaHS, čije su se vrijednosti značajno razlikovale.

Kod sorte Super Žitarka je utvrđen značajan utjecaj temperature pri imbibiciji sjemena u varijantama NaHS,  $Na_2SeO_4$  i NaHS +  $Na_2SeO_4$  (NaHS  $p=0,0023$ ,  $Na_2SeO_4$   $p=0,0005$ , NaHS +  $Na_2SeO_4$   $p=0,0341$ ). LSD testom je utvrđen značajno veći sadržaj klorofila a u navedenim varijantama pri 30 °C. Pri 10 i 20 °C je utvrđen statistički značajno manji sadržaj klorofila a te su se njihove vrijednosti međusobno značajno razlikovale. Najmanji sadržaj klorofila a je utvrđen pri 20 °C u varijanti gdje je sjeme primirano selenom.

Pri 20 °C je utvrđen značajan utjecaj varijanti osmoprimiranja na sadržaj klorofila a. Primiranje sjemena vodom je rezultiralo većim sadržajem klorofila a u odnosu na varijante primiranja sumporom i selenom, čije se vrijednosti nisu značajno razlikovale.

**Tablica 4.** Utjecaj temperature (10, 20 i 30 °C) i predstjetvenih tretmana sjemena vodom odnosno otopinama NaHS (200 µM), Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub> (7,5 µM) i NaHS + Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub>, na sadržaj klorofila b (mg g<sup>-1</sup> sv.t.) u pšeničnoj travi kod sorte Katarina, Osječka 20 i Super Žitarka.

		H <sub>2</sub> O	NaHS	Na <sub>2</sub> SeO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> SeO <sub>4</sub> +NaHS	F test <i>p</i> LSD
<b>Katarina</b>	10 °C	0,298 A/X	0,233 A/Y	0,236 /Y	0,269 /XY	6,71 0,0141 0,0388
	20 °C	0,305 B/	0,219 B/	0,423 /	0,340 /	2,02 0,1893
	30 °C	0,424 B/X	0,298 B/Y	0,346 /Y	0,339 /Y	10,91 0,0034 0,052
	F test <i>p</i> LSD	5,77 0,0401 0,1016	6,71 0,0295 0,056	2,45 0,1667	3,24 0,1109	
<b>Osječka 20</b>	10 °C	0,313 /X	0,246 A/Y	0,266 /Y	0,264 A/Y	8,38 0,0075 0,0324
	20 °C	0,277 /Y	0,164 B/Z	0,321 /XY	0,356 A/X	15,74 0,0010 0,0685
	30 °C	0,417 /	0,416 C/	0,645 /	0,390 B/	0,72 0,5660
	F test <i>p</i> LSD	2,90 0,1317 0,0736	36,53 0,0004 0,0736	1,73 0,2554	14,58 0,0050 0,0594	
<b>Super Žitarka</b>	10 °C	0,294 A/	0,273 A/	0,233 A/	0,319 /	1,12 0,3977
	20 °C	0,325 B/X	0,229 B/YZ	0,189 B/Z	0,281 /XY	7,64 0,0098 0,0699
	30 °C	0,507 B/	0,402 B/	0,454 B/	0,358 /	2,88 0,1027
	F test <i>p</i> LSD	10,78 0,0103 0,1211	16,56 0,0036 0,0764	36,89 0,0004 0,0808	0,84 0,4784	

\*prikazani podaci su izračunate razine značajnosti (P) prema F testu, a značajne razlike između tretmana označene su različitim slovima prema LSD testu (A, B, C, X, Y, Z ≤ 0,05)

Kod sorte Katarina je utvrđen značajan utjecaj temperature na sadržaj klorofila b pri imbibiciji sjemena u varijantama s vodom i NaHS ( $H_2O$   $p=0,0401$ , NaHS  $p=0,0295$ ). LSD testom je utvrđen značajno veći sadržaj klorofila a u navedenim varijantama pri temperaturi 30 °C. Pri 10 i 20 °C je utvrđen statistički značajno manji sadržaj klorofila b te su se vrijednosti međusobno značajno razlikovale. Najniži sadržaj klorofila b kod sorte Katarina je utvrđen pri 20 °C u varijanti gdje je sjeme primirano s NaHS.

Pri 10 i 30 °C je utvrđen značajan utjecaj varijanti primiranja sjemena na sadržaj klorofila b. Obje varijante temperature su kod sjemena primiranog vodom su rezultirale značajno većim sadržajem klorofila b u odnosu na ostale varijante čije se vrijednosti nisu statistički značajno razlikovale. Pri 10 °C najmanji sadržaj klorofila b je utvrđen u varijanti primiranja s NaHS.

Kod sorte Osječka 20 je utvrđen značajan utjecaj temperature na sadržaj klorofila b pri imbibiciji sjemena u varijantama sa  $Na_2SeO_4$  i NaHS +  $Na_2SeO_4$  (NaHS  $p=0,0004$ , NaHS +  $Na_2SeO_4$   $p=0,005$ ). LSD testom je utvrđen značajno veći sadržaj u navedenim varijantama pri temperaturi 30 °C dok je pri 10 °C utvrđen statistički značajno manji sadržaj klorofila b te su se vrijednosti međusobno značajno razlikovale. Najniži sadržaj klorofila b kod sorte Osječka 20 je utvrđen pri 20 °C gdje je sjeme primirano s NaHS.

Pri 10 i 20 °C je utvrđen značajan utjecaj varijanti osmoprimiranja na sadržaj klorofila b. Primiranje vodom pri 10 °C je pokazalo značajno veći sadržaj klorofila b u odnosu na ostale varijante čije se vrijednosti nisu značajno razlikovale. Primiranje selenom pri 20 °C je pokazalo značajno veći sadržaj klorofila b od varijante primiranja vodom odnosno NaHS čije su se vrijednosti značajno razlikovale.

Kod sorte Super Žitarka je utvrđen značajan utjecaj temperature na sadržaj klorofila b pri imbibiciji sjemena u varijantama s vodom, NaHS i  $Na_2SeO_4$  ( $H_2O$   $p=0,0103$ , NaHS  $p=0,0036$ ,  $Na_2SeO_4$   $p=0,0004$ ). Značajno veći sadržaj klorofila b je utvrđen LSD testom u navedenim varijantama pri temperaturi 30 °C dok je manji sadržaj utvrđen pri 10 i 20 °C, a njihove vrijednosti su se međusobno značajno razlikovale. Najmanji sadržaj klorofila b kod sorte Super Žitarka je utvrđen pri 20 °C gdje je sjeme primirano selenom.

Pri 20 °C je utvrđen značajan utjecaj varijanti primiranja sjemena na sadržaj klorofila b. Primiranje vodom je pokazalo značajno veći sadržaj klorofila b u odnosu na ostale varijante čije se vrijednosti nisu značajno razlikovale.

**Tablica 5.** Utjecaj temperature (10, 20 i 30 °C) i predstjetvenih tretmana sjemena vodom odnosno otopinama NaHS (200 µM), Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub> (7,5 µM) i NaHS + Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub>, na sadržaj ukupnih klorofila (a+b) (mg g<sup>-1</sup> sv.t.) u pšeničnoj travi kod sorte Katarina, Osječka 20 i Super Žitarka.

		H <sub>2</sub> O	NaHS	Na <sub>2</sub> SeO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> SeO <sub>4</sub> +NaHS	F test <i>p</i> LSD
<b>Katarina</b>	10 °C	1,273 A/X	1,053 A/Y	1,062 A/Y	1,197 /XY	5,51 0,0239 0,1487
	20 °C	1,237 B/	0,935 B/	1,267 B/	1,413 /	2,03 0,1890
	30 °C	1,819 B/X	1,314 B/Y	1,518 B/Y	1,465 /Y	10,21 0,0041 0,2165
	F test <i>p</i> LSD	6,66 0,0300 0,4378	6,64 0,0301 0,2603	11,29 0,0093 0,2352	2,30 0,1816	
<b>Osječka 20</b>	10 °C	1,364 A/	1,169 A/	1,261 /	1,208 A/	3,17 0,0851
	20 °C	1,172 AB/Y	0,690 B/Z	1,375 /XY	1,528 A/X	12,63 0,0021 0,3348
	30 °C	1,553 B/	1,843 C/	2,004 /	1,715 B/	1,11 0,3997
	F test <i>p</i> LSD	5,18 0,0493 0,2896	44,01 0,0003 0,302	3,99 0,0792	10,67 0,0106 0,272	
<b>Super Žitarka</b>	10 °C	1,259 /	1,205 A/	1,088 A/	1,184 A/	1,68 0,2477
	20 °C	1,395 /X	0,994 B/YZ	0,818 B/Z	1,186 B/XY	6,39 0,0162 0,321
	30 °C	1,652 /	1,776 B/	2,036 B/	1,590 B/	2,42 0,1413
	F test <i>p</i> LSD	4,60 0,0615	18,94 0,0026 0,3218	34,50 0,0005 0,377	5,91 0,0381 0,3332	

\*prikazani podaci su izračunate razine značajnosti (P) prema F testu, a značajne razlike između tretmana označene su različitim slovima prema LSD testu (A, B, C, X, Y, Z ≤ 0,05)

Kod sorte Katarina je utvrđen značajan utjecaj temperature na sadržaj ukupnih klorofila (a+b) pri imbibiciji sjemena u varijantama s vodom, NaHS, Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub> (H<sub>2</sub>O  $p=0,0300$ , NaHS  $p=0,0301$ , Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub>  $p=0,0093$ ). LSD testom je utvrđen značajno veći sadržaj ukupnih klorofila (a+b) u navedenim varijantama pri temperaturi 30 °C. Pri 10 i 20 °C je utvrđen statistički značajno manji sadržaj ukupnih klorofila (a+b) te su se vrijednosti međusobno značajno razlikovale. Najniži sadržaj ukupnih klorofila (a+b) kod sorte Katarina je utvrđen pri 20 °C u varijanti gdje je sjeme primirano s NaHS.

Pri 10 i 30 °C je utvrđen značajan utjecaj varijanti primiranja na sadržaj ukupnih klorofila (a+b). Obje varijante primiranja vodom su imale značajno veći sadržaj ukupnih klorofila (a+b) od varijante primiranja NaHS i selenom čije se vrijednosti nisu značajno razlikovale. Pri 10 °C najmanji sadržaj ukupnih klorofila je utvrđen u varijanti primiranja s NaHS.

Kod sorte Osječka 20 je utvrđen značajan utjecaj temperature na sadržaj ukupnih klorofila (a+b) pri imbibiciji sjemena u varijantama s vodom, NaHS i NaHS + Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub> (H<sub>2</sub>O  $p=0,0493$ , NaHS  $p=0,0003$ , NaHS + Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub>  $p=0,0106$ ). LSD testom je utvrđen značajno veći sadržaj ukupnih klorofila (a+b) pri temperaturi 30 °C u navedenim varijantama dok je pri 10 i 20 °C utvrđen statistički značajno manji sadržaj ukupnih klorofila te se njihove vrijednosti međusobno razlikuju samo kod varijante gdje je sjeme primirano sa NaHS. Najniži sadržaj ukupnih klorofila kod sorte Osječka 20 je utvrđen pri 20 °C u varijanti gdje je sjeme primirano s NaHS.

Pri 20 °C je utvrđen značajan utjecaj varijanti osmoprimiranja na sadržaj ukupnih klorofila. Primiranje selenom je rezultiralo značajno većim sadržajem ukupnih klorofila od varijante primiranja vodom odnosno NaHS čije su se vrijednosti međusobno razlikovale.

Kod sorte Super Žitarka je utvrđen značajan utjecaj temperature na sadržaj ukupnih klorofila (a+b) pri svim varijantama imbibicije sjemena osim u varijanti s vodom (NaHS  $p=0,0026$ , Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub>  $p=0,0005$ , NaHS + Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub>  $p=0,0381$ ). LSD testom je utvrđen značajno veći sadržaj ukupnih klorofila pri navedenim varijantama imbibicije, pri temperaturi 30 °C. Pri temperaturama 10 i 20 °C je utvrđen statistički značajno manji sadržaj ukupnih klorofila te su se vrijednosti međusobno značajno razlikovale. Najniži sadržaj ukupnih klorofila (a+b) je utvrđen pri 20 °C u varijanti gdje je sjeme primirano s NaHS.

Pri 20 °C je utvrđen značajan utjecaj varijanti osmoprimiranja na sadržaj ukupnih klorofila (a+b). Primiranje sjemena vodom je rezultiralo značajno većim sadržajem ukupnih klorofila od varijanti primiranja selenom i sumporom čije se vrijednosti nisu značajno razlikovale.

**Tablica 6.** Utjecaj temperature (10, 20 i 30 °C) i predsjetvenih tretmana sjemena vodom odnosno otopinama NaHS (200 µM), Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub> (7,5 µM) i NaHS + Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub>, na sadržaj karotenoida (mg g<sup>-1</sup> sv.t.) u pšeničnoj travi kod sorti Katarina, Osječka 20 i Super Žitarka.

		H <sub>2</sub> O	NaHS	Na <sub>2</sub> SeO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> SeO <sub>4</sub> +NaHS	F test <i>p</i> LSD
<b>Katarina</b>	10 °C	0,319 /X	0,269 /Z	0,281 A/YZ	0,314 /XY	4,51 0,0392 0,038
	20 °C	0,297 /	0,241 /	0,363 A/	0,350 /	2,12 0,1763
	30 °C	0,451 /X	0,336 /Y	0,401 B/XY	0,366 /Y	5,46 0,0245 0,069
	F test	4,93	4,21	11,71	1,62	
	<i>p</i>	0,0542	0,0721	0,0085	0,2741	
	LSD			0,0619		
<b>Osječka 20</b>	10 °C	0,333 /	0,302 A/	0,329 /	0,310 A/	1,38 0,3182
	20 °C	0,288 /X	0,166 B/Y	0,329 /X	0,379 A/X	9,05 0,0060 0,0986
	30 °C	0,401 /	0,469 C/	0,383 /	0,435 B/	1,50 0,2859
	F test	3,29	77,59	0,88	10,80	
	<i>p</i>	0,1087	<0,0001	0,4613	0,0103	
	LSD		0,0598		0,0655	
<b>Super Žitarka</b>	10 °C	0,294 A/	0,292 A/	0,270 A/	0,326 /	0,88 0,4914
	20 °C	0,340 B/	0,239 B/	0,208 B/	0,278 /	3,49 0,0701
	30 °C	0,463 B/	0,442 B/	0,513 B/	0,389 /	2,45 0,1382
	F test	7,05	24,26	33,56	2,58	
	<i>p</i>	0,0266	0,0013	0,0006	0,1556	
	LSD	0,1134	0,0737	0,0961		

\*prikazani podaci su izračunate razine značajnosti (P) prema F testu, a značajne razlike između tretmana označene su različitim slovima prema LSD testu (A, B, C, X, Y, Z ≤ 0,05)

Kod sorte Katarina je utvrđen značajan utjecaj temperature na sadržaj karotenoida pri imbibiciji sjemena samo u varijanti sa selenom ( $\text{Na}_2\text{SeO}_4$   $p=0,0085$ ). LSD testom je utvrđen značajno veći sadržaj karotenoida u navedenoj varijanti pri temperaturi 30 °C. Pri 10 i 20 °C je utvrđen statistički značajno manji sadržaj karotenoida te se njihove vrijednosti nisu međusobno značajno razlikovale.

Pri 10 i 30 °C je utvrđen značajan utjecaj varijanti primiranja na sadržaj karotenoida u listu mladih biljaka. Obje varijante primiranja sjemena vodom su imale značajno veći sadržaj karotenoida od varijante primiranja sa selenom odnosno NaHS čije se vrijednosti nisu značajno razlikovale. Najniži sadržaj karotenoida je utvrđen pri 10 °C gdje je sjeme primirano s NaHS.

Kod sorte Osječka 20 je utvrđen značajan utjecaj temperature na sadržaj karotenoida u dvije varijante imbibicije sjemena i to sa NaHS i NaHS +  $\text{Na}_2\text{SeO}_4$  (NaHS  $p\leq 0,0001$ , NaHS +  $\text{Na}_2\text{SeO}_4$   $p=0,0103$ ). LSD testom je utvrđen značajno veći sadržaj karotenoida u navedenim varijantama imbibicije pri temperaturi 30 °C. Pri 10 i 20 °C je utvrđen statistički značajno manji sadržaj karotenoida te su se njihove vrijednosti međusobno razlikovale u varijanti gdje je sjeme primirano sa NaHS. Najniži sadržaj karotenoida je utvrđen pri temperaturi 20 °C, kod sjemena primiranog s NaHS.

Pri 20 °C je utvrđen značajan utjecaj varijanti primiranja na sadržaj karotenoida. Primiranje s NaHS je rezultiralo značajno manjim sadržajem karotenoida od ostalih varijanti čije se vrijednosti nisu značajno razlikovale.

Kod sorte Super Žitarka je utvrđen značajan utjecaj temperature na sadržaj karotenoida u svim varijantama primiranja sjemena osim kod varijante NaHS +  $\text{Na}_2\text{SeO}_4$  ( $\text{H}_2\text{O}$   $p=0,0266$ , NaHS  $p=0,0013$ ,  $\text{Na}_2\text{SeO}_4$   $p=0,0006$ ). LSD testom je utvrđen značajno veći sadržaj karotenoida pri navedenim varijantama imbibicije, pri temperaturi 30 °C. Pri 10 i 20 °C je utvrđen statistički značajno manji sadržaj karotenoida te su se vrijednosti međusobno značajno razlikovale. Najniži sadržaj karotenoida je utvrđen pri temperaturi 20 °C gdje je sjeme primirano selenom.

Kod sorte Super Žitarka nije utvrđen značajan utjecaj varijanti primiranja na sadržaj karotenoida.



**Tablica 7.** Utjecaj temperature (10, 20 i 30 °C) i predstjetvenih tretmana sjemena vodom odnosno otopinama NaHS (200 µM), Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub> (7,5 µM) i NaHS + Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub>, na omjer klorofila a/b u pšeničnoj travi kod sorti Katarina, Osječka 20 i Super Žitarka.

		H <sub>2</sub> O	NaHS	Na <sub>2</sub> SeO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> SeO <sub>4</sub> +NaHS	F test <i>p</i> LSD
<b>Katarina</b>	10 °C	3,3 /Y	3,5 A/X	3,5 /X	3,4 A/X	9,36 0,0054 0,1161
	20 °C	3,0 /	3,3 B/	2,4 /	3,1 B/	0,75 0,5507
	30 °C	3,3 /	3,4 C/	3,4 /	3,3 C/	1,02 0,4317
	F test	3,76	22,89	1,40	28,73	
	<i>p</i>	0,0873	0,0016	0,3176	0,0008	
	LSD		0,0885		0,0957	
<b>Osječka 20</b>	10 °C	3,3 /Z	3,7 A/X	3,7 /X	3,6 A/Y	28,66 0,0001 0,1128
	20 °C	3,2 /	3,2 B/	3,3 /	3,3 B/	0,60 0,6334
	30 °C	2,9 /	3,4 C/	2,7 /	3,4 B/	0,64 0,6105
	F test	0,69	66,63	1,39	14,76	
	<i>p</i>	0,5364	<0,0001	0,3195	0,0048	
	LSD		0,1147		0,1278	
<b>Super Žitarka</b>	10 °C	3,3 /	3,4 A/	3,7 A/	2,9 /	0,81 0,5223
	20 °C	3,3 /	3,3 A/	3,3 B/	3,2 /	0,88 0,4917
	30 °C	2,4 /	3,4 B/	3,5 C/	3,4 /	3,67 0,0629
	F test	2,45	7,16	25,86	0,40	
	<i>p</i>	0,1665	0,0258	0,0011	0,6850	
	LSD		0,0608	0,1146		

\*prikazani podaci su izračunate razine značajnosti (P) prema F testu, a značajne razlike između tretmana označene su različitim slovima prema LSD testu (A, B, C, X, ,Y, Z ≤ 0,05)

Kod sorte Katarina je utvrđen značajan utjecaj temperature na omjer klorofila a/b u varijantama sa NaHS i NaHS + Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub> pri imbibiciji sjemena (NaHS  $p=0,00016$ , NaHS + Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub>  $p=0,0008$ ). LSD testom je utvrđen značajno veći omjer klorofila a/b u navedenim varijantama pri temperaturi 10 °C. Pri 20 i 30 °C je utvrđen statistički značajno manji omjer klorofila a/b te su se njihove vrijednosti međusobno značajno razlikovale.

Pri 10 °C kod sorti Katarina i Osječka 20 je utvrđen značajan utjecaj varijanti primiranja na omjer klorofila a/b. Primiranje vodom je pokazalo značajno manji omjer klorofila a/b u odnosu na ostale varijante koje se nisu međusobno značajno razlikovale.

Kod sorte Osječka 20 je utvrđen značajan utjecaj temperature na omjer klorofila a/b u varijantama s NaHS i NaHS + Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub> pri imbibiciji sjemena (NaHS  $p\leq 0,00001$ , NaHS + Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub>  $p=0,0048$ ). LSD testom je utvrđen značajno veći omjer klorofila a/b u navedenim varijantama pri 10 °C. Pri 20 i 30 °C je utvrđen statistički značajno manji omjer klorofila a/b te su se vrijednosti međusobno značajno razlikovale.

Kod sorte Super Žitarka je utvrđen značajan utjecaj temperature na omjer klorofila a/b u varijantama NaHS i Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub> (NaHS  $p= 0,0258$ , Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub>  $p=0,0011$ ). LSD testom je utvrđen značajno veći omjer klorofila a/b pri temperaturi 10 °C. Pri 20 i 30 °C je utvrđen statistički značajno manji omjer klorofila a/b te su se vrijednosti značajno razlikovale samo u varijanti gdje je sjeme primirano selenom.

Kod sorte Super Žitarka (**tablica 8.**) je utvrđen značajan utjecaj temperature na omjer ukupnih klorofila/karotenoida u varijanti sa NaHS pri imbibiciji sjemena (NaHS  $p=0,0400$ ). LSD testom je utvrđen značajno veći omjer ukupnih klorofila/karotenoida u varijanti s NaHS pri 10 i 20 °C te se vrijednosti nisu međusobno značajno razlikovale. Kod ispitivanih sorti nije utvrđen značajan utjecaj varijanti primiranja na omjer ukupnih klorofila/karotenoida u listu.

**Tablica 8.** Utjecaj temperature (10, 20 i 30 °C) i predstjetvenih tretmana sjemena vodom odnosno otopinama NaHS (200 µM), Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub> (7,5 µM) i NaHS + Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub>, na omjer ukupnih klorofila/karotenoida u pšeničnoj travi kod sorti Katarina, Osječka 20 i Super Žitarka.

		H <sub>2</sub> O	NaHS	Na <sub>2</sub> SeO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> SeO <sub>4</sub> +NaHS	F test <i>p</i> LSD
<b>Katarina</b>	10 °C	3,9 /	3,9 /	3,8 /	3,8 /	3,66 0,0630
	20 °C	4,2 /	3,9 /	3,6 /	4,0 /	1,09 0,4070
	30 °C	4,0 /	3,9 /	3,8 /	3,9 /	2,19 0,1670
	F test <i>p</i> LSD	1,74 0,2542	0,19 0,8330	0,19 0,8343	4,00 0,0786	
<b>Osječka 20</b>	10 °C	4,1 /X	3,9 /Y	3,8 /Y	3,9 /Y	7,39 0,0108 0,1407
	20 °C	4,1 /	4,2 /	4,2 /	4,0 /	0,34 0,7979
	30 °C	3,9 /	3,9 /	5,6 /	3,9 /	1,00 0,4429
	F test <i>p</i> LSD	0,43 0,6685	2,84 0,1355	0,94 0,4406	1,79 0,2457	
<b>Super Žitarka</b>	10 °C	4,3 /	4,1 A/	4,0 /	3,7 /	1,68 0,2473
	20 °C	4,2 /	4,1 A/	3,9 /	4,3 /	0,96 0,4589
	30 °C	3,6 /	4,0 B/	3,9 /	4,1 /	2,29 0,1556
	F test <i>p</i> LSD	2,54 0,1588	5,77 0,0400 0,0983	0,84 0,4764	1,78 0,2477	

\*prikazani podaci su izračunate razine značajnosti (P) prema F testu, a značajne razlike između tretmana označene su različitim slovima prema LSD testu (A, B, C, X, Y, Z ≤ 0,05)

**Tablica 9.** Utjecaj temperature (10, 20 i 30 °C) i predstjetvenih tretmana sjemena vodom odnosno otopinama NaHS (200 µM), Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub> (7,5 µM) i NaHS + Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub>, na sadržaj suhe tvari (%) u pšeničnoj travi kod sorti Katarina, Osječka 20 i Super Žitarka.

		H <sub>2</sub> O	NaHS	Na <sub>2</sub> SeO <sub>4</sub>	Na <sub>2</sub> SeO <sub>4</sub> +NaHS	F test <i>p</i> LSD
<b>Katarina</b>	10 °C	12,01 A/	11,29 A/	11,77 A/	12,33 A/	1,60 0,2653
	20 °C	13,07 B/	13,19 B/	13,45 B/	13,70 B/	0,95 0,4605
	30 °C	7,38 C/	7,38 C/	7,99 C/	7,88 C/	2,05 0,1861
	F test <i>p</i> LSD	125,67 <0,0001 0,9339	98,06 <0,0001 1,0359	84,95 <0,0001 1,0508	108,66 <0,0001 1,0106	
<b>Osječka 20</b>	10 °C	11,79 A/Y	12,57 A/X	11,48 A/Y	12,52 A/X	11,13 0,0032 0,5285
	20 °C	13,46 B/Y	13,45 B/Y	13,12 B/Y	14,36 B/X	8,01 0,0086 0,6153
	30 °C	8,29 C/X	8,05 C/XY	7,34 C/Z	7,72 C/YZ	6,53 0,0153 0,5303
	F test <i>p</i> LSD	916,73 <0,0001 0,3011	258,11 <0,0001 0,6237	602,24 <0,0001 0,4198	186,85 <0,0001 0,8683	
<b>Super Žitarka</b>	10 °C	11,69 A/	11,06 A/	11,40 A/	12,03 A/	2,36 0,1471
	20 °C	13,05 B/	12,28 B/	13,36 B/	12,81 A/	1,27 0,3479
	30 °C	7,71 C/	8,22 C/	7,38 C/	7,50 B/	1,17 0,3811
	F test <i>p</i> LSD	188,88 <0,0001 0,699	50,31 0,0002 1,0166	92,91 <0,0001 1,0929	34,11 0,0005 1,6985	

\*prikazani podaci su izračunate razine značajnosti (P) prema F testu, a značajne razlike između tretmana označene su različitim slovima prema LSD testu (A, B, C, X, Y, Z ≤ 0,05)

Kod sorti Katarina, Osječka 20 i Super Žitarka je utvrđen značajan utjecaj temperature na sadržaj suhe tvari pri svim varijantama primiranja sjemena (**tablica 9.**). LSD testom je kod sve tri sorte utvrđen značajno veći sadržaj suhe tvari u svim varijantama primiranja pri temperaturi 10 °C. Pri 20 i 30 °C je utvrđen statistički značajno manji sadržaj suhe tvari u svim varijantama primiranja sjemena te su se vrijednosti međusobno značajno razlikovale. Najniži sadržaj suhe tvari je utvrđen pri 30 °C i to kod sorte Katarina u varijanti gdje je sjeme bilo primirano vodom i NaHS, te kod sorti Osječka 20 i Super Žitarka selenom.

Kod sorti Katarina i Super Žitarka nije utvrđen značajan utjecaj varijanti primiranja na sadržaj suhe tvari.

Kod sorte Osječka 20 je pri ispitivanim temperaturama utvrđen značajan utjecaj varijanti primiranja na sadržaj suhe tvari. Pri 10 °C primiranje sjemena s NaHS je rezultiralo značajno većim sadržajem suhe tvari od varijanti primiranja vodom i selenom čije se vrijednosti nisu značajno razlikovale. Pri 20 °C primiranje s  $\text{Na}_2\text{SeO}_4$  je rezultiralo značajno većim sadržajem suhe tvari od ostalih varijanti primiranja čije se vrijednosti nisu značajno razlikovale. Primiranje sjemena selenom, pri tretmanu biljaka s 30 °C je pokazalo značajno manji sadržaj suhe tvari u listu od varijante primiranja vodom odnosno NaHS, čije se vrijednosti nisu značajno razlikovale. Pri tretmanu 30 °C najmanji sadržaj suhe tvari je utvrđen u varijanti primiranja sjemena selenom dok se ostale vrijednosti nisu međusobno razlikovale.

**Tablica 10.** Značajnost utjecaja tretmana temperaturom (A) i primiranja sjemena (B) na sadržaj i omjere fotosintetskih pigmenata u listu pšenične trave sorte Katarina.

KATARINA	klorofil	klorofil	klorofil	karotenoidi	klorofil a/b	klorofili/ karotenoidi
	a	b	(a+b)			
(mg g <sup>-1</sup> sv.t.)						
10 °C	0,887	0,259	1,147	0,296	3,42	3,94
	B	B	B	B	A	
20 °C	0,891	0,322	1,213	0,313	2,96	3,92
	B	A	B	B	B	
30 °C	1,178	0,352	1,529	0,388	3,35	3,87
	A	A	A	A	A	
F test	13,49	6,81	19,10	14,27	3,86	0,19
<i>p</i>	0,0001	0,0045	< 0,0001	< 0,0001	0,0353	NS
Temperatura (A)						
H <sub>2</sub> O	1,100	0,343	1,444	0,356	3,19	4,08
	A	A	A	A		
NaHS	0,851	0,251	1,101	0,282	3,39	3,91
	C	B	C	B		
Na <sub>2</sub> SeO <sub>4</sub>	0,947	0,336	1,283	0,349	3,09	3,71
	BC	A	B	A		
NaHS + Na <sub>2</sub> SeO <sub>4</sub>	1,042	0,317	1,358	0,344	3,30	3,95
	AB	A	AB	A		
F test	4,38	4,08	7,28	5,10	0,78	2,66
<i>p</i>	0,0135	0,0178	0,0012	0,0072	NS	NS
Primiranje (B)						
F test	1,07	2,11	1,87	1,96	0,83	0,53
	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Interakcija (AxB)						

\*prikazani podaci su izračunate razine značajnosti (P) prema F testu, a značajne razlike između tretmana označene su različitim slovima prema LSD testu (A, B, C ≤ 0,05)

Kod sorte Katarina, u prosjeku za sve varijante primiranja sjemena, utvrđen je značajan utjecaj temperature na sadržaj fotosintetskih pigmenata u listu te omjer klorofila a/b (**tablica 10.**). LSD testom je utvrđen značajno veći sadržaj klorofila a, ukupnih klorofila i karotenoida pri 30 °C dok se vrijednosti utvrđene pri 10 i 20 °C nisu značajno razlikovale. Značajno niži sadržaj klorofila b je utvrđen pri 10 °C dok se vrijednosti pri 20 i 30 °C nisu značajno razlikovale. Najniži omjer klorofil/karotenoidi je utvrđen pri 20 °C, a omjeri pri 10 i 30 °C se nisu značajno razlikovali.

U prosjeku za sve temperature je utvrđen značajan utjecaj primiranja sjemena na sadržaj kloroplastnih pigmenata. Interakcija primiranje x temperatura nije značajno utjecala na sadržaj i omjere kloroplastnih pigmenata.

U prosjeku za sve varijante primiranja sjemena, utvrđen je značajan utjecaj temperature na sadržaj fenola, flavonoida i suhe tvari (**tablica 11.**). LSD testom je utvrđen značajno veći sadržaj fenola i flavonoida pri 10 °C dok se vrijednosti utvrđene pri 20 i 30 °C nisu značajno razlikovale. Značajno veći sadržaj suhe tvari je utvrđen pri 20 °C dok su se vrijednosti pri 10 i 30 °C međusobno značajno razlikovale.

U prosjeku, za sve temperature je utvrđen značajan utjecaj primiranja na sadržaj suhe tvari, dok na sadržaj fenola i flavonoida nije bilo značajnog utjecaja. Najveći sadržaj suhe tvari je utvrđen u varijanti NaHS + Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub>, a najmanji u varijanti primiranja s NaHS koji se nije značajno razlikovao od ostalih varijanti osmoprimiranja. Interakcija temperatura x primiranje je značajno utjecala na sadržaj fenola i flavonoida dok nije imala značajan utjecaj na sadržaj suhe tvari.

**Tablica 11.** Značajnost utjecaja tretmana temperaturom (A) i tretmana primiranjem (B) na sadržaj fenola i flavonoida, te na udio suhe tvari u listu pšenične trave sorte Katarina.

<b>KATARINA</b>	Fenoli (mg GA g <sup>-1</sup> sv.t.)	Flavonoidi (mg KV g <sup>-1</sup> sv.t.)	Suha tvar (%)
10 °C	1,831 A	0,649 A	11,849 B
20 °C	1,135 B	0,342 B	13,354 A
30 °C	1,052 B	0,343 B	7,656 C
F test	144,33	81,42	410,35
<i>p</i>	<0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Temperatura (A)			
H <sub>2</sub> O	1,270	0,467	10,817 AB
NaHS	1,296	0,436	10,622 B
Na <sub>2</sub> SeO <sub>4</sub>	1,384	0,442	11,069 AB
NaHS + Na <sub>2</sub> SeO <sub>4</sub>	1,407	0,432	11,304 A
F test	2,60	0,47	3,12
<i>p</i>	NS	NS	0,0447
Primiranje (B)			
F test	3,53	2,59	0,65
<i>p</i>	0,0120	0,0442	NS
Interakcija (AxB)			

\*prikazani podaci su izračunate razine značajnosti (P) prema F testu, a značajne razlike između tretmana označene su različitim slovima prema LSD testu (A, B, C ≤ 0,05)



**Tablica 12.** Značajnost utjecaja tretmana temperaturom (A) i tretmana primiranjem (B) na sadržaj i omjere fotosintetskih pigmenata u listu pšenične trave sorte Osječka 20.

OSJEČKA 20	klorofil	klorofil	klorofil	karotenoidi	klorofil a/b	klorofili/ karotenoidi
	a	b	(a+b)			
(mg g <sup>-1</sup> sv.t.)						
10 °C	0,978 B	0,273 B	1,250 B	0,319 B	3,6 A	3,9
20 °C	0,912 B	0,279 B	1,192 B	0,290 B	3,2 AB	4,1
30 °C	1,311 A	0,468 A	1,779 A	0,422 A	3,1 B	4,3
F test	41,33	7,28	27,46	27,98	3,79	0,74
<i>p</i>	<0,0001	0,0034	<0,0001	<0,0001	0,0371	NS
Temperatura (A)						
H <sub>2</sub> O	1,027 BC	0,336	1,363 AB	0,340	3,1	4,0
NaHS	0,958 C	0,276	1,234 B	0,313	3,5	3,9
Na <sub>2</sub> SeO <sub>4</sub>	1,136 AB	0,411	1,549 A	0,347	3,2	4,6
NaHS + Na <sub>2</sub> SeO <sub>4</sub>	1,147 A	0,337	1,484 A	0,375	3,4	3,9
F test	5,56	1,36	3,77	2,83	0,93	0,96
<i>p</i>	0,0048	NS	0,0240	NS	NS	NS
Primiranje (B)						
F test	8,27	0,95	3,92	5,86	0,74	1,02
<i>p</i>	<0,0001	NS	0,0072	0,0007	NS	NS
Interakcija (AxB)						

\*prikazani podaci su izračunate razine značajnosti (P) prema F testu, a značajne razlike između tretmana označene su različitim slovima prema LSD testu (A, B, C ≤ 0,05)

Kod sorte Osječka 20, u prosjeku za sve varijante primiranja sjemena, utvrđen je značajan utjecaj temperature na sadržaj fotosintetskih pigmenata u listu te omjer klorofila a/b (**tablica 12.**). LSD testom je utvrđen značajno veći sadržaj klorofila a, klorofila b, ukupnih klorofila (a+b) i karotenoida pri 30 °C dok se vrijednosti utvrđene pri 10 i 20 °C nisu značajno razlikovale. Najniži omjer klorofila a/b je utvrđen pri 30 °C, a omjeri pri 10 i 20 °C se nisu značajno razlikovali.

U prosjeku, za sve temperature je utvrđen značajan utjecaj primiranja sjemena na sadržaj klorofila a i ukupnih klorofila (a+b). Najniži sadržaj klorofila a i ukupnih klorofila (a+b) je utvrđen u varijanti gdje je sjeme primirano s NaHS u odnosu na varijantu gdje je sjeme primirano selenom i NaHS + Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub> čije se vrijednosti nisu značajno razlikovale.

Interakcija temperatura x primiranje nije značajno utjecala na sadržaj klorofila b, klorofil a/b i klorofili/karotenoidi.

Kod sorte Osječka 20, u prosjeku za sve varijante primiranja sjemena, utvrđen je značajan utjecaj temperature na sadržaj fenola, flavonoida i suhe tvari (**tablica 13.**). LSD testom je utvrđen značajno veći sadržaj fenola i flavonoida pri 10 °C, dok se vrijednosti pri 20 i 30 °C nisu značajno razlikovale. Najveći sadržaj suhe tvari je utvrđen pri 20 °C dok su se vrijednosti utvrđene pri 10 i 30 °C značajno razlikovale.

U prosjeku za sve temperature je utvrđen značajan utjecaj primiranja sjemena na sadržaj suhe tvari. Najveći sadržaj suhe tvari je utvrđen u varijanti NaHS + Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub> te se varijanta sa selenom značajno razlikovala u odnosu na varijante gdje je sjeme tretirano vodom i NaHS. Interakcija temperatura x primiranje je imala značajan utjecaj na sadržaj fenola i suhe tvari.

**Tablica 13.** Značajnost utjecaja tretmana temperaturom (A) i tretmana primiranjem (B) na sadržaj fenola i flavonoida, te na udio suhe tvari u listu pšenične trave sorte Osječka 20.

<b>OSJEČKA 20</b>	Fenoli (mg GA g <sup>-1</sup> sv.t.)	Flavonoidi (mg KV g <sup>-1</sup> sv.t.)	Suha tvar (%)
10 °C	2,188 A	0,929 A	12,089 B
20 °C	1,296 B	0,459 B	13,597 A
30 °C	1,212 B	0,466 B	7,852 C
F test	207,51	191,61	1205,78
<i>p</i>	<0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Temperatura (A)			
H <sub>2</sub> O	1,490	0,625	11,181 B
NaHS	1,594	0,636	11,356 AB
Na <sub>2</sub> SeO <sub>4</sub>	1,574	0,594	10,646 C
NaHS + Na <sub>2</sub> SeO <sub>4</sub>	1,603	0,616	11,534 A
F test	1,40	0,64	14,99
<i>p</i>	NS	NS	< 0,0001
Primiranje (B)			
F test	3,89	1,25	5,24
<i>p</i>	0,0075	NS	0,0014
Interakcija (AxB)			

\*prikazani podaci su izračunate razine značajnosti (P) prema F testu, a značajne razlike između tretmana označene su različitim slovima prema LSD testu (A, B, C ≤ 0,05)

**Tablica 14.** Značajnost utjecaja tretmana temperaturom (A) i tretmana primiranjem (B) na sadržaj i omjere fotosintetskih pigmenata u listu pšenične trave sorte Super Žitarka.

SUPER ŽITARKA	klorofil a	klorofil b	klorofil (a+b)	karotenoidi	klorofil a/b	klorofili/ karotenoidi
	(mg g <sup>-1</sup> sv.t.)					
10 °C	0,904 B	0,279 B	1,184 B	0,296 B	3,3	4,0
20 °C	0,842 B	0,256 B	1,098 B	0,267 B	3,3	4,1
30 °C	1,333 A	0,430 A	1,764 A	0,451 A	3,2	3,9
F test	39,94	35,14	54,54	45,36	0,42	1,63
<i>p</i> Temperatura (A)	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	NS	NS
H <sub>2</sub> O	1,060	0,375 A	1,436	0,366	2,9	4,0
NaHS	1,023	0,301 B	1,325	0,324	3,4	4,1
Na <sub>2</sub> SeO <sub>4</sub>	1,022	0,292 B	1,314	0,330	3,5	3,9
NaHS + Na <sub>2</sub> SeO <sub>4</sub>	1,001	0,319 B	1,320	0,331	3,2	4,0
F test	0,26	4,08	1,06	1,22	2,44	0,27
<i>p</i> Primiranje (B)	NS	0,0179	NS	NS	NS	NS
F test	5,12	2,34	4,98	3,08	1,81	2,38
<i>p</i> Interakcija (AxB)	0,0016	NS	0,0019	0,0222	NS	NS

\*prikazani podaci su izračunate razine značajnosti (P) prema F testu, a značajne razlike između tretmana označene su različitim slovima prema LSD testu (A, B, C ≤ 0,05)

Kod sorte Super Žitarka, u prosjeku za sve varijante primiranja sjemena, utvrđen je značajan utjecaj temperature na sadržaj fotosintetskih pigmenata u listu (**tablica 14.**). LSD testom je utvrđen značajno veći sadržaj klorofila a, klorofila b, ukupnih klorofila (a+b) te karotenoida pri 30 °C, dok se vrijednosti utvrđene pri 10 i 20 °C nisu značajno razlikovale. U prosjeku za sve temperature je utvrđen značajan utjecaj primiranja sjemena na sadržaj klorofila b gdje je najveći sadržaj klorofila b utvrđen kod sjemena primiranog vodom dok se vrijednosti ostalih varijanti primiranja sjemena nisu značajno razlikovale.

Interakcija temperatura x primiranje je značajno utjecala na sadržaj klorofila a, ukupne klorofile (a+b), karotenoide.

Kod sorte Super Žitarka, u prosjeku za sve varijante osmoprimiranja sjemena, utvrđen je značajan utjecaj temperature na sadržaj fenola, flavonoida i suhe tvari (**tablica 15.**). LSD testom je utvrđen značajno veći sadržaj fenola i flavonoida pri temperaturi 10 °C dok se vrijednosti pri 20 i 30 °C nisu značajno razlikovale. Najveći sadržaj suhe tvari je utvrđen pri 20 °C dok su se vrijednosti pri temperaturama 10 i 30 °C značajno razlikovale.

Nije utvrđen značajan utjecaj primiranja sjemena na sadržaj fenola, flavonoida i suhe tvari, kao niti značajna interakcija temperatura x primiranje.

**Tablica 15.** Značajnost utjecaja tretmana temperaturom (A) i tretmana primiranjem (B) na sadržaj fenola i flavonoida, te na udio suhe tvari u listu pšenične trave sorte Super Žitarka.

<b>SUPER ŽITARKA</b>	Fenoli (mg GA g <sup>-1</sup> sv.t.)	Flavonoidi (mg KV g <sup>-1</sup> sv.t.)	Suha tvar (%)
10 °C	1,857 A	0,538 A	11,548 B
20 °C	1,151 B	0,259 B	12,873 A
30 °C	1,086 B	0,258 B	7,703 C
F test	153,55	115,74	246,63
<i>p</i>	<0,0001	< 0,0001	< 0,0001
Temperatura (A)			
H <sub>2</sub> O	1,314	0,359	10,819
NaHS	1,297	0,353	10,521
Na <sub>2</sub> SeO <sub>4</sub>	1,414	0,345	10,713
NaHS + Na <sub>2</sub> SeO <sub>4</sub>	1,433	0,351	10,779
F test	2,96	0,11	0,45
<i>p</i>	NS	NS	NS
Primiranje (B)			
F test	2,09	1,50	1,97
<i>p</i>	NS	NS	NS
Interakcija (AxB)			

\*prikazani podaci su izračunate razine značajnosti (P) prema F testu, a značajne razlike između tretmana označene su različitim slovima prema LSD testu (A, B, C ≤ 0,05)

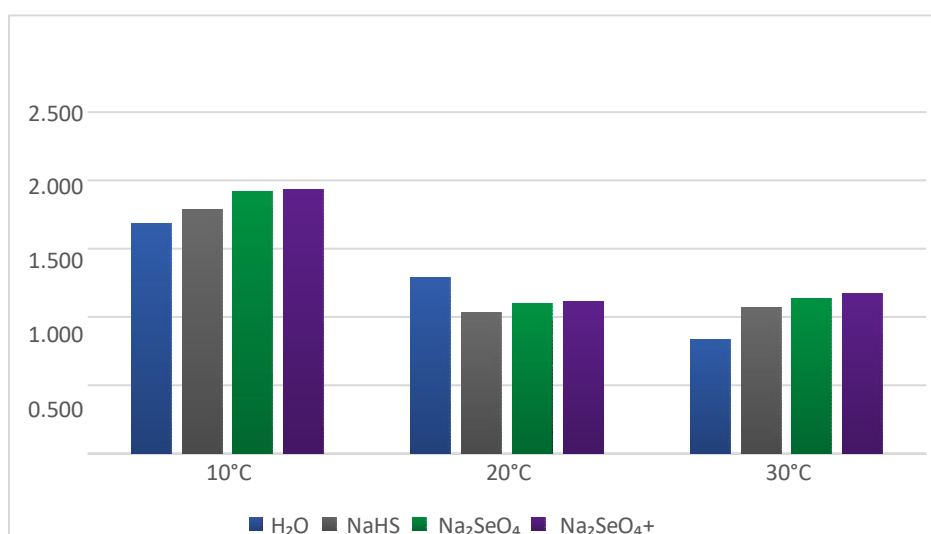
### 3. RASPRAVA

Pšenična trava je izvor vitamina, minerala, ugljikohidrata, enzima, klorofila i polifenola. Prisutnost vitamina B1, B2, B3, B4, B6, B10, C te željeza, magnezija i cinka čine ju jednom od najvažnijih namirnica za ljudsku prehranu te lijekom za kronične poremećaje u organizmu (Thakur i sur., 2019.). Smatra se da liječi kašalj, vrućicu, infekcije, poremećaje kože, sadrži najbitnije aminokiseline, a najviše alanin, asparaginsku kiselinu, glutaminsku kiselinu, arginin i serin. Konzumacija pomaže pri uklanjanju toksina iz organizma, poboljšava ravnotežu šećera u krvi, te smanjuje visoku razinu krvnog tlaka (Rana i sur., 2011.). Pšenična trava je važna namirnica zbog visoke antioksidativne aktivnosti, smanjuje rizik od koronarnih bolesti, određenih vrsta karcinoma i moždanog udara. Može se koristiti kao prirodni konzervans hrane i na taj način smanjiti kancerogeni učinak sintetičkih konzervansa (Kardas i Durucasu, 2014.). Klorofil, karotenoidi i fenoli iz pšenične trave služe u liječenju hemolitičke anemije te očnih bolesti povezanih sa starenjem (Niroula i sur., 2019.). Sve navedeno o pšeničnoj travi doprinosi tomu da se korištenje mikrozelenih žitarica u svijetu povećava zbog sve većeg zanimanja ljudi za zdravu prehranu.

Način uzgoja pšenične trave može utjecati na sadržaj fotosintetskih pigmenata, fenola i flavonoida te razinu selena koji je vrlo važan u ljudskoj prehrani. Važno je istaći da abiotski stres može izmijeniti ključne fiziološke sastojke i funkcije biljaka. S obzirom na vitalnu ulogu koju biljni pigmenti imaju u procesu fotosinteze i općenitom fiziološkom stanju biljaka, utvrđivanje njihovog sadržaja bi moglo biti sredstvo za praćenje zdravlja biljaka i neizravno određivanje reakcije na stres. Na sadržaj fotosintetskih pigmenata u listu značajno utječu salinitet i nutritivni stres (Shah i sur., 2017.). Utvrđeno je da primjena selena može imati utjecaj na pojačanu akumulaciju prolina i šećera u normalnim mladim biljkama pšenice kao i onima izloženim solnom stresu, pružajući dodatnu osmolarnost za održavanje relativnog sadržaja vode i očuvanje fotosinteze (Amr i sur., 2019.).

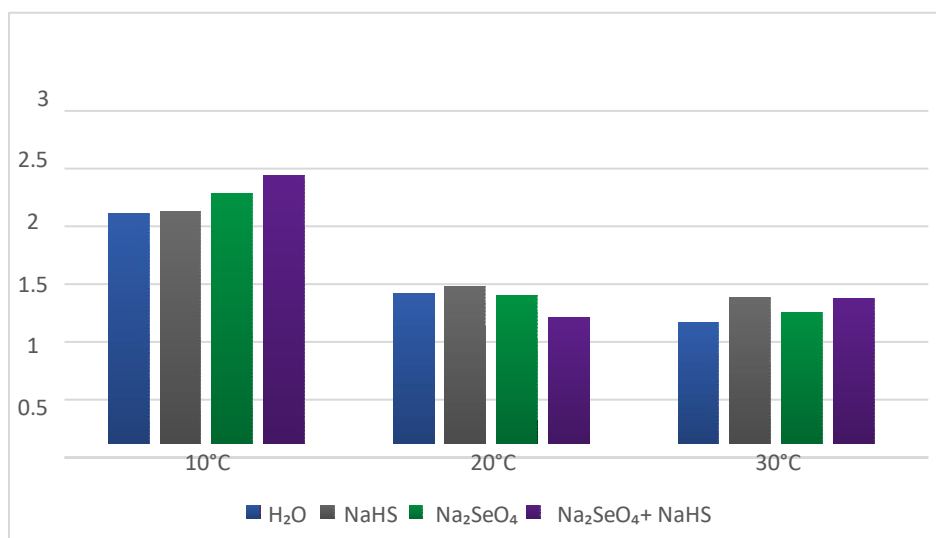
U ovom istraživanju, kod sorti Katarina, Osječka 20 i Super Žitarka je utvrđen značajan utjecaj temperature na sadržaj fenola i flavonoida pri svim varijantama primiranja sjemena. LSD testom je utvrđen značajno veći sadržaj fenola i flavonoida pri svim varijantama primiranja te uzgoju biljaka pri temperaturi 10 °C, dok se navedene vrijednosti pri višim temperaturama (20 i 30 °C) nisu značajno razlikovale (**grafikon 1.**) Pri temperaturama 10 i 30 °C je utvrđen značajan utjecaj primiranja sjemena na sadržaj fenola, dok je na sadržaj flavonoida veći utjecaj imala temperatura 30 °C. Kod sorte Katarina je utvrđen značajan utjecaj primiranja selenom na sadržaj fenola, dok je kod sorte Osječka 20 pri 30 °C utvrđen značajno veći sadržaj fenola i flavonoida pri primiranju sumporom (**grafikon 2. i 3.**). U svom istraživanju Yang (2016.) je utvrdio veću aktivnost antioksidansa i ekspresiju gena te niži sadržaj vodikovog peroksida u pšenici uslijed tretiranja

sjemenima natrijevim hidrogen sulfidom, u uvjetima toplinskog stresa. Chu i sur. (2009.) su također utvrdili značajno povećanje sadržaja antocijanina, fenola i flavonoida u tretmanu sa selenom pri hladnom stresu dok nijedna koncentracija tretmana sa selenom nije imala značajan utjecaj na sadržaj karotenoida u lišću pšenice. Autori su zaključili da različite koncentracije selena povećavaju sadržaj klorofila, a samim time i biomasu pšenične trave dok je povećani sadržaj antocijanina, fenola i flavonoida pri određenim koncentracijama selena važan u obrani od slobodnih radikala jer selen inhibira membransku lipidnu peroksidaciju i na taj način sprječavaju oksidativni stres u biljkama. Iqbal i sur. (2015.) su utvrdili smanjenu površinu lišća kod ispitivanih sorti, manju biomasu izdanaka ali veću količinu suhe tvari u sorti pšenice Chakwal-97 pri toplinskom stresu. Za razliku od toga, u ovom istraživanju je utvrđen manji sadržaj suhe tvari pri toplinskom stresu kod sve tri sorte, dok je najveći sadržaj utvrđen pri temperaturi 20 °C. Kolupaev i sur. (2019.) su također utvrdili povećanje sadržaja flavonoida kod biljaka koje su bile tretirane donatorom sumporovodika. Tretiranje biljaka s natrijevim hidrogen sulfidom povećalo je otpornost biljke na sušu te očuvalo aktivnost fotosintetskih enzima. Autori smatraju da sulfid iz natrijevog hidrogen sulfida aktivira antioksidativni sustav i na taj način sprječava oksidativna oštećenja odnosno nakupljanje vodikovog peroksida.

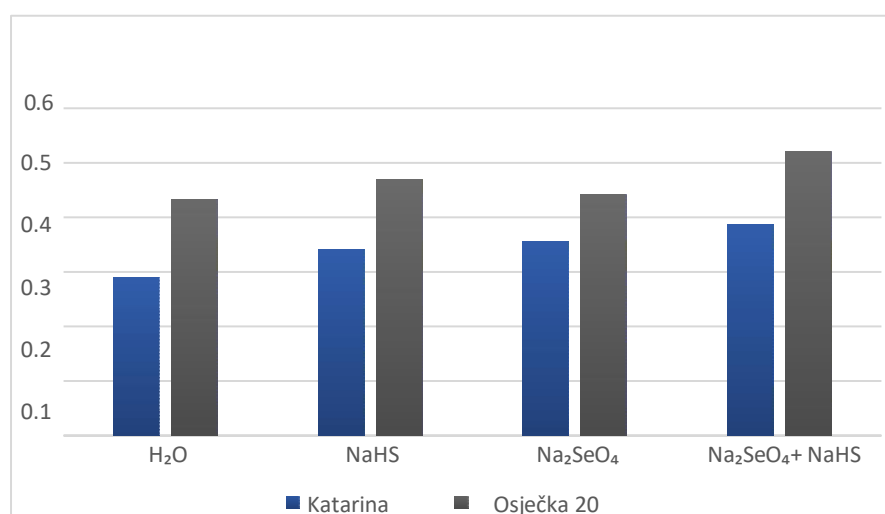


**Grafikon 1.** Utjecaj predsetvenog tretmana sjemenima na sadržaj fenola kod sorte Katarina pri temperaturama 10, 20 i 30 °C.



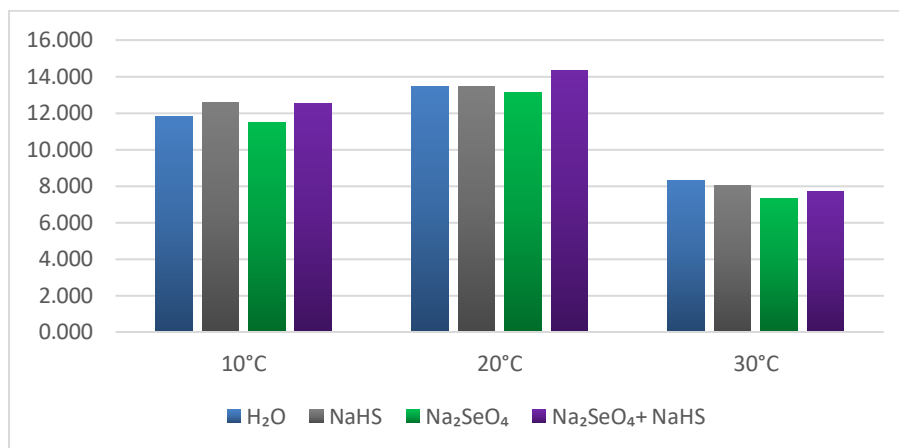


**Grafikon 2.** Utjecaj predstjetvenog tretmana sjemena na sadržaj fenola kod sorte Osječka 20 pri temperaturama 10, 20 i 30 °C.



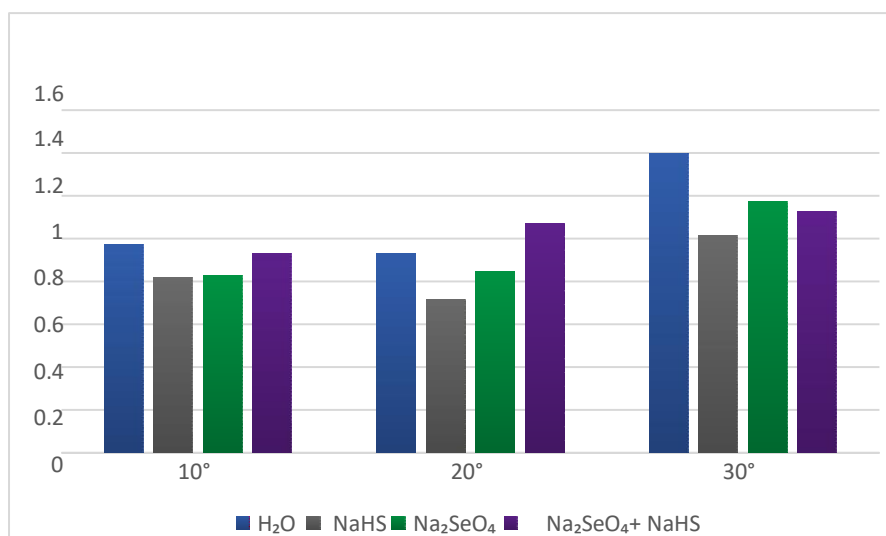
**Grafikon 3.** Utjecaj predstjetvenog tretmana sjemena na sadržaj flavonoida kod sorti Katarina i Osječka 20 pri temperaturi 30 °C.

Kod sorti Katarina, Osječka 20 i Super Žitarka je utvrđen značajan utjecaj temperature na sadržaj suhe tvari pri svim varijantama primiranja sjemena. Najveći sadržaj suhe tvari je utvrđen kod sve tri sorte pri temperaturi 20 °C, dok su se temperature 10 i 30 °C značajno razlikovale. Sadržaj suhe tvari je varirao između 7,34 i 14,36 %, dok je u istraživanju koje su proveli Tamás i Csapó (2015.), sadržaj suhe tvari varirao između 16,3 i 22,6 %. Značajan utjecaj varijanti primiranja na sadržaj suhe tvari je pokazala sorta Osječka 20 pri sve tri temperature (**grafikon 4**).

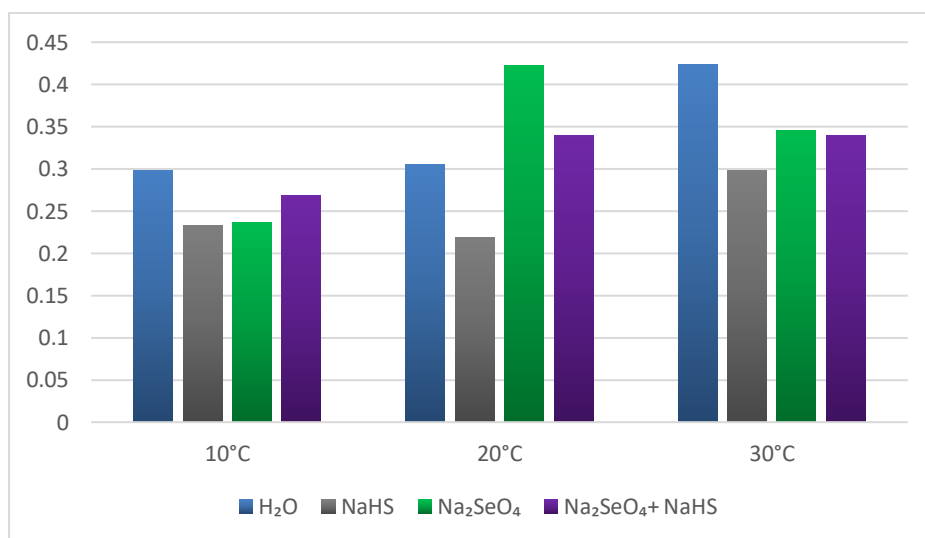


**Grafikon 4.** Utjecaj predstjetvenog tretmana sjemena na sadržaj suhe tvari kod sorte Osječka 20 pri temperaturama 10, 20 i 30 °C.

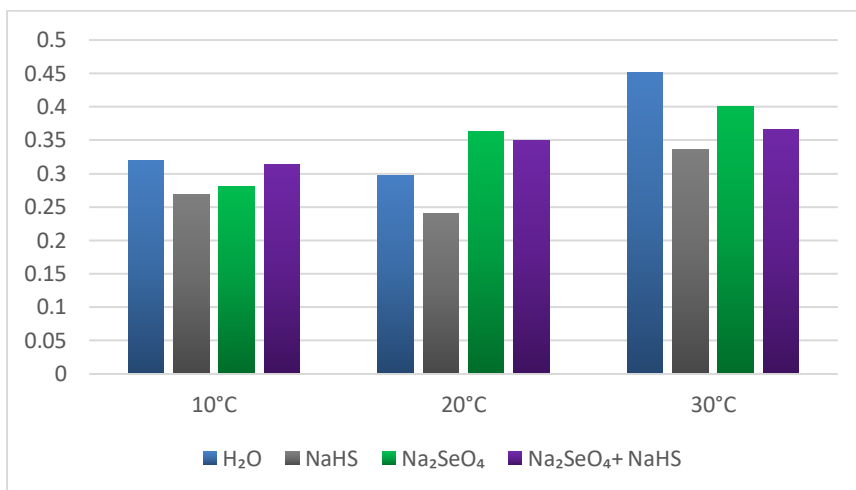
Značajno veći sadržaj klorofila a, klorofila b, ukupnih klorofila (a+b) te karotenoida je utvrđen pri svim varijantama primiranja i temperaturi 30 °C. Kod sorte Katarina pri primiranju vodom je utvrđen najveći sadržaj klorofila a (**grafikon 5**), klorofila b (**grafikon 6**) ukupnih klorofila (**grafikon 8**) i karotenoida (**grafikon 7**) pri temperaturama 10 i 30 °C. Značajno veći sadržaj klorofila a, klorofila b, ukupnih klorofila i karotenoida je utvrđen u varijanti primiranja s kombinacijom sumpora i selena pri temperaturi 10 °C dok je veći sadržaj kloroplastnih pigmenata utvrđen u varijanti primiranja selenom pri 30 °C. Iqbal i sur. (2015.) su također utvrdili povećani sadržaj klorofila b kod sorte Chakwal-97 pri tretiranju sa selenom (4 mg L<sup>-1</sup>) u tretmanu kontrole i tretmanu toplinskog stresa, dok je kod sorte Faisalabad-08 sadržaj klorofila b povećan samo u tretmanu toplinskog stresa.



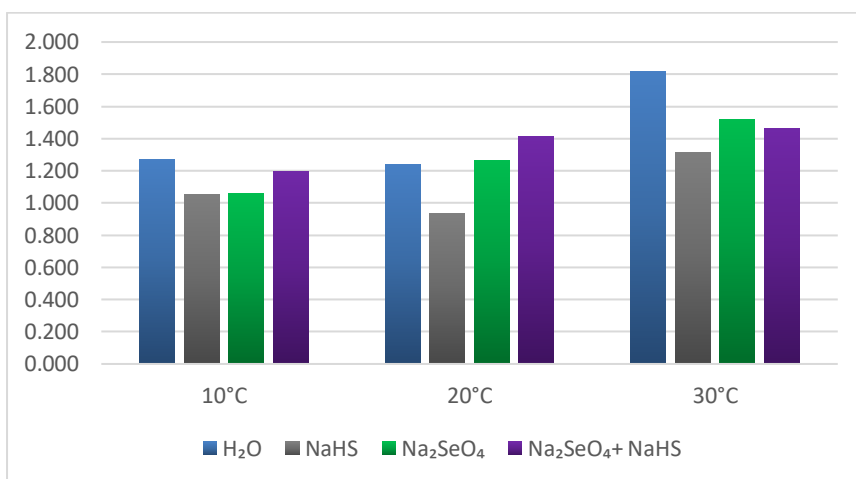
**Grafikon 5.** Utjecaj predsetvenog tretmana sjemena na sadržaj klorofila a kod sorte Katarina pri temperaturama 10, 20 i 30 °C.



**Grafikon 6.** Utjecaj predsetvenog tretmana sjemena na sadržaj klorofila b kod sorte Katarina pri temperaturama 10, 20 i 30 °C.

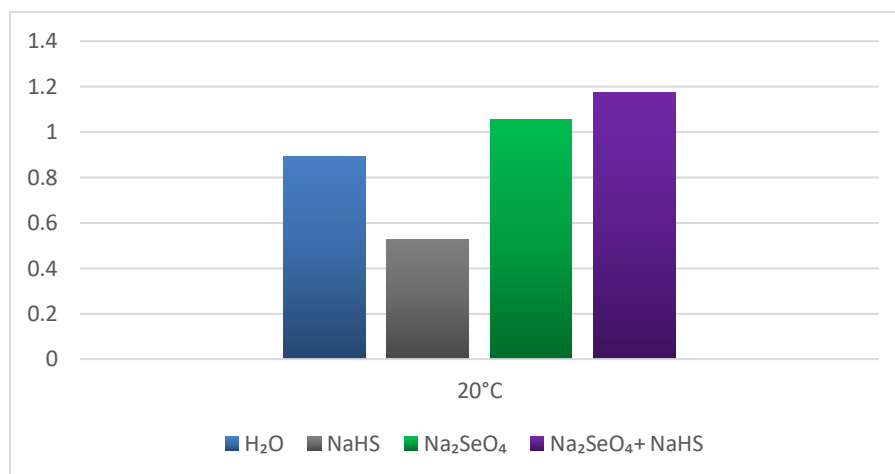


**Grafikon 7.** Utjecaj predstjetvenog tretmana sjemena na sadržaj karotenoida kod sorte Katarina pri temperaturama 10, 20 i 30 °C.

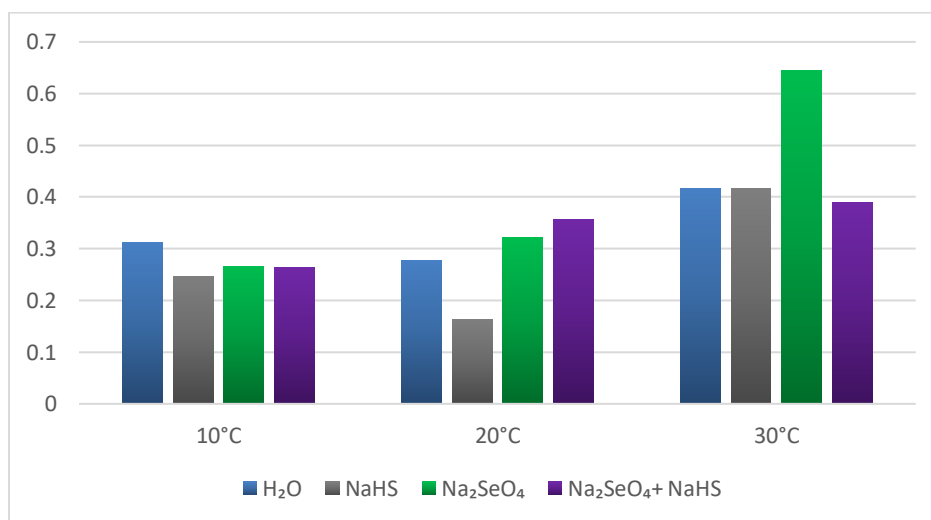


**Grafikon 8.** Utjecaj predstjetvenog tretmana sjemena na sadržaj ukupnih klorofila (a+b) kod sorte Katarina pri temperaturama 10, 20 i 30 °C.

Kod sorte Osječka 20 je utvrđen značajan utjecaj varijanti primiranja sjemena na sadržaj fotosintetskih pigmenata pri temperaturi 20 °C (**grafikon 9.**). Najveći sadržaj je utvrđen pri primiranju sjemena kombinacijom sumpora i selena, dok je primiranje selenom pokazalo veći sadržaj u odnosu na vrijednosti primiranja sa sumporom, kao i kod sorte Katarina.

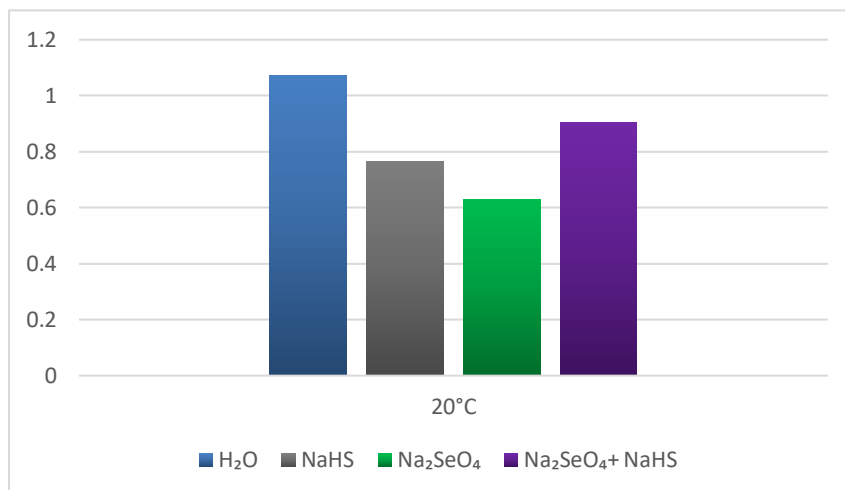


**Grafikon 9.** Utjecaj predsjetvenog tretmana sjemena na sadržaj klorofila a kod sorte Osječka 20 pri temperaturi 20 °C.



**Grafikon 10.** Utjecaj predsjetvenog tretmana sjemena na sadržaj klorofila b kod sorte Osječka 20 pri temperaturama 10, 20 i 30 °C.

Kod sorte Super Žitarka, LSD testom je utvrđen značajno veći sadržaj fotosintetskih pigmenata u svim varijantama imbibicije sjemena pri temperaturi 20 °C kada je sjeme primirano vodom. Za razliku od sorti Katarina i Osječka 20, sorta Super Žitarka je pokazala veći sadržaj fotosintetskih pigmenata u varijanti gdje je sjeme primirano sumporom (**grafikon 11.**)



**Grafikon 11.** Utjecaj predsjetvenog tretmana sjemena na prosječni sadržaj klorofila a kod sorte Super Žitarka pri temperaturi 20 °C.

Značajno veći sadržaj fenola i flavonoida je utvrđen kod sve tri sorte pri 10 °C, suhe tvari na 20 °C, a fotosintetskih pigmenata na 30 °C. Kod sorti Katarina i Super Žitarka najveći utjecaj na povećanje flavonoida i fotosintetskih pigmenata je imao kontrolni tretman sjemena s vodom dok je na povećanje fenola najviše utjecao tretman kombinacije sumpora i selena. Na povećanje fotosintetskih pigmenata kod sorte Osječka 20 je najveći utjecaj imao tretman s natrijevim selenatom, na fenole kombinacija sumpora i selena, dok je na povećanje flavonoida, najveći utjecaj imao primiranje sjemena s natrijevim hidrogen sulfidom. Sorte Katarina i Super Žitarka pokazuju najveći sadržaj suhe tvari pri tretmanu s vodom, a Osječka 20 u tretmanu kombinacije sumpora i selena.

#### 4. ZAKLJUČAK

Kod sorti Katarina, Osječka 20 i Super Žitarka, LSD testom je utvrđen značajno veći sadržaj fenola i flavonoida pri 10 °C, sadržaj suhe tvari pri 20 °C, te fotosintetskih pigmenata pri 30 °C.

Pri primiranju selenom te kombinacijom sumpora i selena je utvrđen značajno veći sadržaj fenola i flavonoida pri temperaturi 30 °C u odnosu na ostale varijante primiranja.

Kod sorte Osječka 20 je utvrđen značajni utjecaj primiranja sjemena sumporom te kombinacijom sumpora i selena pri temperaturi 30 °C na sadržaj fenola i flavonoida u odnosu na ostale varijante primiranja.

Značajan utjecaj primiranja sjemena na sadržaj suhe tvari je utvrđen samo kod sorte Osječka 20. Pri primiranju selenom je utvrđen najmanji sadržaj suhe tvari u pšeničnoj travi na sve tri temperature uzgoja. Najveći sadržaj suhe tvari je utvrđen pri 20 °C kod primiranja sjemena kombinacijom sumpora i selena.

Kod sorte Super Žitarka nije utvrđen značajan utjecaj varijanti primiranja sjemena na sadržaj fenola, flavonoida, sadržaj suhe tvari i karotenoida u pšeničnoj travi, dok je značajan utjecaj utvrđen na sadržaj klorofila a, klorofila b i ukupnih klorofila (a+b) samo pri temperaturi 20 °C, gdje je primiranje vodom pokazalo značajni utjecaj u odnosu na primiranje selenom, koje je rezultiralo najnižim sadržajem fotosintetskih pigmenata.

Pri 10 i 30 °C je utvrđen značajan utjecaj varijanti primiranja na sadržaj klorofila a, klorofila b, ukupnih klorofila i karotenoida gdje je primiranje vodom rezultiralo najvećim sadržajem, a primiranje sumporom najmanjim sadržajem fotosintetskih pigmenata kod sorte Katarina.

Sorta Osječka 20 je pokazala najveći sadržaj fotosintetskih pigmenata pri 20 °C u varijanti primirana sjemena kombinacijom sumpora i selena, a najmanji sadržaj pigmenata je imala u varijanti primiranja sumporom.

Primiranje sjemena pšenice selenom je imalo značajan utjecaj u regulaciji sadržaja fenola, klorofila a, klorofila b, ukupnih klorofila i karotenoida pri temperaturnom stresu kod sorti Katarina i Osječka 20, dok je na sadržaj flavonoida primiranje selenom imalo značajan utjecaj pri 30 °C kod obje sorte. Primiranje selenom nije imalo značajan utjecaj na sadržaj fotosintetskih pigmenata pri temperaturnom stresu kod sorti Osječka 20 i Super Žitarka ali je pri temperaturi 20 °C utjecalo na njihovo povećanje.

## 5. POPIS LITERATURE

1. Amić, D. (2008.). *Organska kemija za studente agronomske struke*. Školska knjiga d.d., Zagreb, 226-227.
2. Amr, A., Elkelish, M., Soliman, H. (2019) Selenium protects wheat seedlings against salt stress-mediated oxidative damage by up-regulating antioxidants and osmolytes metabolism. *Plant Physiology and Biochemistry*, 137, 144-153.
3. Berg, J. M., Tymoczko, J. L., Stryer, L. (2013.) *Biokemija*. Školska knjiga d.d., Zagreb, 541-543
4. Boldrin P., de Figueiredo M., Yang Y., (2016) Selenium promotes sulfur accumulation and plant growth in wheat (*Triticum aestivum*). *Physiologia Plantarum*, 158, 80-91.
5. Chu, J., Yao, X., Wang, G. (2009) Effects of selenium on wheat seedlings under drought stress. *Biol Trace Elem Res*, 130 (3), 283-90.
6. Chu, J., Yao, X., Yue, Z., Li, J., Zhao, J. (2013) The Effects of Selenium on Physiological Traits, Grain Selenium Content and Yield of Winter Wheat at Different Development Stages. *Biol Trace Elem Res*, 51, 434–440.
7. Čvorišćec, D., Čepelak, I. (2009.) *Štrausova medicinska biokemija*. Medicinska naklada, Zagreb, 30, 638-647.
8. Guignardi, Z., Schiavon, M. (2017) *Biochemistry of Plant Selenium uptake and metabolism*. Springer International Publishing, Cham, 21-35.
9. Iqbal, M., Iqbal, H., Liaqat, H., Ashraf, M. A., Rasheed, R., Rehman, A. U. (2015) Exogenously applied selenium reduces oxidative stress and induces heat tolerance in spring wheat. *Plant Physiology and Biochemistry*, 95-103.
10. Kardas, T. A., Durucasu, I. (2014) A New Analytical Method for the Determination of Phenolic Compounds and Their Antioxidant Activities in Different Wheat Grass Varieties. *Ekoloji*, 23, 90, 73-80.
11. Kolupaev, Yu. E., Firsova, E. N., Yastreb, T. O., Ryabchun, N. I., Kirichenko, V. V. (2019) Effect of Hydrogen Sulfide Donor on Antioxidant State of Wheat Plants and Their Resistance to Soil Drought. *Russian Journal of Plant Physiology*, 66 (1), 59–66.



12. Niroula, A., Khatri, S., Timilsina, R. (2019) Profile of chlorophylls and carotenoids of wheat (*Triticum aestivum* L.) and barley (*Hordeum vulgare* L.) microgreens. *Food Sci Technol*, 56, 2758–2763.
13. Nishiumi, S., Miyamoto, S., Kawabata, K., Ohnishi, K., Mukai, R., Murakami, A., Ashida, H., Terao J. (2011) Dietary flavonoids as cancer-preventive and therapeutic biofactors. *Front Biosci (Schol Ed)*, 1, 3, 1332-62, 10, 2741/229.
14. Rana, S., Kamboj, J. K., Gandhi, V. (2011) Living life the natural way –Wheatgrass and Health. *Functional Foods in Health and Disease*, 1 (11), 444-456.
15. Schiavon, M., Warzea, Lima, L., Jiang, Y., Hawkesford, M. J. (2017) Effects of Selenium on Plant Metabolism and Implications for Crops and Consumers. Springer International Publishing, Cham, 257-277.
16. Tamás, M., Csapó, J. (2015) Examination of the selenium content of wheat grasses produced in different soil types in Csik Basin. *Acta Univ. Sapientiae, Alimentaria*, 8, 30-44.
17. Thakur, N., Dhaliwal, H. S., Sharma, V. (2019) Chemical Composition, Minerals and Vitamins Analysis of Lyophilized Wheatgrass Juice Powder. *International Journal on Emerging Technologies*, 10(4), 137-144.
18. Van Hoewyk, D., Çakir, O. (2017) Manipulating Selenium metabolism in Plants: A simple twist of metabolic fate can alter selenium tolerance and accumulation. Springer International Publishing, Cham, 165-177.
19. Zhang, H., Wang, M. J., Hu, L. Y., Wang, S. H., Hu, K. D., Bao, L. J., Luo J. P. (2010) Hydrogen Sulfide Promotes Wheat Seed Germination under Osmotic Stress. *Russian Journal of Plant Physiology*, 57(4), 532–539.
20. Yang, M., (2016) Foliar application of sodium hydrosulfide (NaHS), a hydrogen sulfide (H<sub>2</sub>S) donor, can protect seedlings against heat stress in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Integrative Agriculture*, 15, 2745-2758
21. Yao, X., Chu, J., Ba, C. (2010) Antioxidant Responses of Wheat Seedlings to Exogenous Selenium Supply Under Enhanced Ultraviolet-B. *Biol Trace Elem Res*, 136:96–105.

## 6. SAŽETAK

Izdanci mlade pšenice koji se još nazivaju pšenična trava sve se češće koriste u ljudskoj prehrani u obliku soka ili praha. Kao bogati izvor minerala i vitamina A,C, E i B koristi se u liječenju astme, različitih alergija, u regulaciji šećera i visokog krvnog tlaka, a zbog sadržaja određenih aminokiselina i enzima pokazuje antikancerogeno djelovanje. U uvjetima nedostatka hemoglobina u krvi, klorofil iz pšenične trave preuzima njegovu ulogu pa se pšenična trava uspješno koristi i u liječenju anemije. Tijekom godina provedena su različita istraživanja na pšeničnoj travi koja bi poboljšala njezin rast i razvoj te kvalitetu u ljudskoj prehrani. Cilj ovog istraživanja je bio utvrditi utjecaj različitih temperatura uzgoja (10, 20 i 30 °C) i primiranja sjemena ( $H_2O$ , NaHS,  $Na_2SeO_4$ , NaHS+ $Na_2SeO_4$ ) na sadržaj fenola, flavonoida, fotosintetskih pigmenata i sadržaj suhe tvari u pšeničnoj travi, kod tri sorte pšenice (Katarina, Osječka 20 i Super Žitarka). Utvrđen je najveći sadržaj fenola i flavonoida pri 10 °C, suhe tvari pri 20 °C te fotosintetskih pigmenata pri 30 °C. Značajno veći sadržaj fenola i flavonoida u temperaturnom stresu je pokazalo primiranje selenom dok je na povećanje sadržaja suhe tvari najviše utjecalo primiranje sumporom. Sorta Katarina je pokazala značajno povećanje sadržaja fotosintetskih pigmenata pri temperaturnom stresu kod primiranja vodom i kombinacijom sumpora i selena, dok su sorte Osječka 20 i Super Žitarka reagirale povećanjem sadržaja fotosintetskih pigmenata samo pri 20 °C.

## 7. SUMMARY

Young wheat shoots, also called wheatgrass, are increasingly used in the human diet in the form of juice or powder. As a rich source of minerals and vitamins A, C, E and B, it is used in the treatment of asthma, various allergies, in the regulation of sugar and high blood pressure, and due to the content of certain amino acids and enzymes it has anticancer effects. In conditions of lack of hemoglobin in the blood, chlorophyll from wheat grass takes over its role, so wheat grass is successfully used in the treatment of anemia. Over the years, various studies have been conducted on wheat grass that would improve its growth and development, and quality in human nutrition. The aim of this study was to determine the influence of different growth temperatures (10, 20 and 30 °C) and seed priming (H<sub>2</sub>O, NaHS, Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub>, NaHS + Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub>) on the content of phenols, flavonoids, photosynthetic pigments and dry matter content in wheat grass, from three wheat varieties (Katarina, Osječka 20 and Super Žitarka). The highest content of phenols and flavonoids was determined at 10 °C, dry matter at 20 °C and photosynthetic pigments at 30 °C. Significantly higher content of phenols and flavonoids in temperature stress was shown by selenium priming, while the increase in dry matter content was mostly influenced by sulfur priming. Variety Katarina showed a significant increase in the content of photosynthetic pigments under temperature stress when primed with water and a combination of sulfur and selenium, while varieties Osječka 20 and Super Žitarka reacted with an increase in the content of photosynthetic pigments only at the temperature of 20 °C.

## 8. POPIS TABLICA

**Tablica 1.** Utjecaj temperature (10, 20 i 30 °C) i predstjetvenih tretmana sjemena vodom odnosno otopinama NaHS (200 µM), Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub> (7,5 µM) i NaHS + Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub>, na sadržaj fenola (mg GA g<sup>-1</sup> sv.t.) u pšeničnoj travi kod sorti Katarina, Osječka 20 i Super Žitarka. (Stranica 16)

**Tablica 2.** Utjecaj temperature (10, 20 i 30 °C) i predstjetvenih tretmana sjemena vodom odnosno otopinama NaHS (200 µM), Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub> (7,5 µM) i NaHS + Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub>, na sadržaj flavonoida (mg KV g<sup>-1</sup> sv.t.) u pšeničnoj travi kod sorti Katarina, Osječka 20 i Super Žitarka. (Stranica 18)

**Tablica 3.** Utjecaj temperature (10, 20 i 30 °C) i predstjetvenih tretmana sjemena vodom odnosno otopinama NaHS (200 µM), Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub> (7,5 µM) i NaHS + Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub>, na sadržaj klorofila A (mg g<sup>-1</sup> sv.t.) u pšeničnoj travi kod sorte Katarina, Osječka 20 i Super Žitarka. (Stranica 20)

**Tablica 4.** Utjecaj temperature (10, 20 i 30 °C) i predstjetvenih tretmana sjemena vodom odnosno otopinama NaHS (200 µM), Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub> (7,5 µM) i NaHS + Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub>, na sadržaj klorofila B (mg g<sup>-1</sup> sv.t.) u pšeničnoj travi kod sorte Katarina, Osječka 20 i Super Žitarka. (Stranica 22)

**Tablica 5.** Utjecaj temperature (10, 20 i 30 °C) i predstjetvenih tretmana sjemena vodom odnosno otopinama NaHS (200 µM), Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub> (7,5 µM) i NaHS + Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub>, na sadržaj ukupnih klorofila (a+b) (mg g<sup>-1</sup> sv.t.) u pšeničnoj travi kod sorte Katarina, Osječka 20 i Super Žitarka. (Stranica 24)

**Tablica 6.** Utjecaj temperature (10, 20 i 30 °C) i predstjetvenih tretmana sjemena vodom odnosno otopinama NaHS (200 µM), Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub> (7,5 µM) i NaHS + Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub>, na sadržaj karotenoida (mg g<sup>-1</sup> sv.t.) u pšeničnoj travi kod sorti Katarina, Osječka 20 i Super Žitarka. (Stranica 26)

**Tablica 7.** Utjecaj temperature (10, 20 i 30 °C) i predsjetvenih tretmana sjemena vodom odnosno otopinama NaHS (200 μM), Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub> (7,5 μM) i NaHS + Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub>, na omjer klorofila a/b u pšeničnoj travi kod sorti Katarina, Osječka 20 i Super Žitarka. (Stranica 28)

**Tablica 8.** Utjecaj temperature (10, 20 i 30 °C) i predsjetvenih tretmana sjemena vodom odnosno otopinama NaHS (200 μM), Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub> (7,5 μM) i NaHS + Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub>, na omjer ukupnih klorofila/karotenoida u pšeničnoj travi kod sorti Katarin, Osječka 20 i Super Žitarka. (Stranica 30)

**Tablica 9.** Utjecaj temperature (10, 20 i 30 °C) i predsjetvenih tretmana sjemena vodom odnosno otopinama NaHS (200 μM), Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub> (7,5 μM) i NaHS + Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub>, na sadržaj suhe tvari (%) u pšeničnoj travi kod sorti Katarina, Osječka 20 i Super Žitarka. (Stranica 31)

**Tablica 10.** Značajnost utjecaja tretmana temperaturom (A) i primiranja sjemena (B) na sadržaj i omjere fotosintetskih pigmenata u listu pšenične trave sorte Katarina. (Stranica 33)

**Tablica 11.** Značajnost utjecaja tretmana temperaturom (A) i tretmana primiranjem (B) na sadržaj fenola i flavonoida, te na udio suhe tvari u listu pšenične trave sorte Katarina. (Stranica 35)

**Tablica 12.** Značajnost utjecaja tretmana temperaturom (A) i tretmana primiranjem (B) na sadržaj i omjere fotosintetskih pigmenata u listu pšenične trave sorte Osječka 20. (Stranica 36)

**Tablica 13.** Značajnost utjecaja tretmana temperaturom (A) i tretmana primiranjem (B) na sadržaj fenola i flavonoida, te na udio suhe tvari u listu pšenične trave sorte Osječka 20. (Stranica 38)

**Tablica 14.** Značajnost utjecaja tretmana temperaturom (A) i tretmana primiranjem (B) na sadržaj i omjere fotosintetskih pigmenata u listu pšenične trave sorte Super Žitarka. (Stranica 39)

**Tablica 15.** Značajnost utjecaja tretmana temperaturom (A) i tretmana primiranjem (B) na sadržaj fenola i flavonoida, te na udio suhe tvari u listu pšenične trave sorte Super Žitarka. (Stranica 41).

## **9. POPIS SLIKA**

**Slika 1.** Flavonoidi i skupine flavonoida (Izvor: Nishiumi i sur., 2011.) (Stranica 4)

**Slika 2.** Sadržaj fenola i flavonoida pri različitim koncentracijama selena u pšenici (Izvor: Chu i sur., 2009.) (Stranica 5)

**Slika 3.** Sadržaj klorofila a i b kod ispitivanih sorti pšenice pri različitim koncentracijama selena (Izvor: Iqbal i sur., 2015.) (Stranica 6)

**Slika 4.** Ukupni sadržaj klorofila kod ispitivanih sorti pri različitim koncentracijama selena u tretmanu kontrole i toplinskog stresa (Izvor: Iqbal i sur., 2015.) (Stranica 7)

**Slika 5.** Utjecaj različitih koncentracija selena na ukupni sadržaj klorofila kroz različite faze razvoja pšenice (Izvor: Chu i sur., 2013.) (Stranica 7)

**Slika 6.** Utjecaj različitih količina NaHS-a na sadržaj flavonoida u pšeničnoj travi (Izvor: Kolupaev i sur., 2018.) (Stranica 8)

**Slika 7.** Imbibicija sjemena pšenice (Stranica 10)

**Slika 8.** Pripremljeni supstrat (Stranica 11)

**Slika 9.** Pšenična trava spremna za otkos (Stranica 12)

**Slika 10.** Uzorci pripremljeni za inkubaciju (Stranica 13)

**Slika 11.** Vaganje vrećica za analizu suhe tvari (Stranica 15)

## 10. POPIS GRAFIKONA

**Grafikon 1.** Utjecaj predsjetvenog tretmana sjemena na sadržaj fenola kod sorte Katarina pri temperaturama 10, 20 i 30 °C (Stranica 43).

**Grafikon 2.** Utjecaj predsjetvenog tretmana sjemena na sadržaj fenola kod sorte Osječka 20 pri temperaturama 10, 20 i 30 °C (Stranica 44).

**Grafikon 3.** Utjecaj predsjetvenog tretmana sjemena na sadržaj flavonoida kod sorti Katarina i Osječka 20 pri temperaturi 30 °C (Stranica 44).

**Grafikon 4.** Utjecaj predsjetvenog tretmana sjemena na sadržaj suhe tvari kod sorte Osječka 20 pri temperaturama 10, 20 i 30 °C (Stranica 45).

**Grafikon 5.** Utjecaj predsjetvenog tretmana sjemena na sadržaj klorofila a kod sorte Katarina pri temperaturama 10, 20 i 30 °C (Stranica 46).

**Grafikon 6.** Utjecaj predsjetvenog tretmana sjemena na sadržaj klorofila b kod sorte Katarina pri temperaturama 10, 20 i 30 °C (Stranica 46).

**Grafikon 7.** Utjecaj predsjetvenog tretmana sjemena na sadržaj karotenoida kod sorte Katarina pri temperaturama 10, 20 i 30 °C (Stranica 47).

**Grafikon 8.** Utjecaj predsjetvenog tretmana sjemena na sadržaj ukupnih klorofila (a+b) kod sorte Katarina pri temperaturama 10, 20 i 30 °C (Stranica 47).

**Grafikon 9.** Utjecaj predsjetvenog tretmana sjemena na sadržaj klorofila a kod sorte Osječka 20 pri temperaturi 20 °C (Stranica 48).

**Grafikon 10.** Utjecaj predsjetvenog tretmana sjemena na sadržaj klorofila b kod sorte Osječka 20 pri temperaturama 10 i 20 °C (Stranica 48).

**Grafikon 11.** Utjecaj predsjetvenog tretmana sjemena na prosječni sadržaj klorofila a kod sorte Super Žitarka pri temperaturi 20 °C (Stranica 49).





## TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
Fakultet agrobiotehničkih znanosti u Osijeku  
Sveučilišni diplomski studij, Ishrana bilja i tloznanstvo

Diplomski rad

UTJECAJ SUMPOROVODIKA I SELENA NA FIZIOLOŠKI AKTIVNE KOMPONENTE KOD PŠENIČNE TRAVE  
Ana Šošarić

### Sažetak:

Izdanci mlade pšenice koji se još nazivaju pšenična trava sve se češće koriste u ljudskoj prehrani u obliku soka ili praha. Kao bogati izvor minerala i vitamina A,C, E i B koristi se za liječenje astme, različitih alergija, u regulaciji šećera i visokog krvnog tlaka, a zbog sadržaja određenih aminokiselina i enzima pokazuje antikancerogeno djelovanje. U uvjetima nedostatka hemoglobina u krvi, klorofil iz pšenične trave preuzima njegovu ulogu pa se pšenična trava uspješno koristi i u liječenju anemije. Tijekom godina provedena su različita istraživanja na pšeničnoj travi koja bi poboljšala njezin rast i razvoj te kvalitetu. Cilj ovog istraživanja je bio utvrditi utjecaj različitih temperatura (10, 20 i 30 °C) i primiranja sjemena ( $H_2O$ , NaHS,  $Na_2SeO_4$ ,  $NaHS+Na_2SeO_4$ ) na sadržaj fenola, flavonoida, fotosintetskih pigmenta i udio suhe tvari kod tri sorte pšenice (Katarina, Osječka 20 i Super žitarka. Utvrđen je najveći sadržaj fenola i flavonoida pri 10 °C, suhe tvari pri 20 °C te fotosintetskih pigmenta pri 30 °C. Značajno veći sadržaj fenola i flavonoida u temperaturnom stresu je pokazalo primiranje sjemena selenom dok je na povećanje sadržaja suhe tvari najviše utjecalo primiranje sumporom. Sorta Katarina je pokazala značajno povećanje sadržaja fotosintetskih pigmenta pri temperaturnom stresu kod primiranja vodom i kombinacijom sumpora i selen, dok su sorte Osječka 20 i Super žitarka povećanjem sadržaja fotosintetskih pigmenta reagirale samo pri temperaturi 20 °C.

**Rad je izrađen pri:** Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek

**Mentor:** prof.dr.sc. Tihana Teklić

**Broj stranica:** 64

**Broj slika i grafikona:** 22

**Broj tablica:** 15

**Broj literaturnih navoda:** 21

**Broj priloga:** 0

**Jezik izvornika:** Hrvatski

**Ključne riječi:** fenoli, flavonoidi, fotosintetski pigmenti, pšenična trava, selen, suha tvar, sumporovodik

**Datum obrane:**

**Stručno povjerenstvo za obranu:**

1. izv. prof. dr. sc. *Miroslav Lisjak*, predsjednik
2. prof. dr. sc. *Tihana Teklić*, mentor
3. prof. dr. sc. *Zdenko Lončarić*, član

**Rad je pohranjen u:** Knjižnica Fakulteta agrobiotehničkih znanosti Osijek, Sveučilište u Osijeku, Vladimira Preloga 1.

## **BASIC DOCUMENTATION CARD**

**Josip Juraj Strossmayer University of Osijek**  
**Faculty of Agrobiotechnical sciences**  
**University Graduate Studies, Plant Nutrition and Soil Science**

**Graduate thesis**

### **INFLUENCE OF HYDROGEN SULFIDE AND SELENIUM ON PHYSIOLOGICALLY ACTIVE COMPOUNDS IN WHEAT GRASS**

Ana Šoštarčić

#### **Summary:**

Young wheat shoots, also called wheatgrass, are increasingly used in the human diet in the form of juice or powder. As a rich source of minerals and vitamins A, C, E and B, it is used to treat asthma, various allergies, in the regulation of sugar and high blood pressure, and due to the content of certain amino acids and enzymes, it has anticancer effects. In conditions of lack of hemoglobin in the blood, chlorophyll from wheatgrass takes over its role, so wheatgrass is successfully used in the treatment of anemia. Over the years, various studies have been conducted on wheatgrass that would improve its growth, development and quality. The aim of this study was to determine the effect of different temperatures (10, 20 and 30 °C) and seed priming (H<sub>2</sub>O, NaHS, Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub>, NaHS + Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub>) on the content of phenols, flavonoids, photosynthetic pigments and dry matter content in three wheat varieties (Katarina, Osječka 20 and Super Žitarka). The highest content of phenols and flavonoids was determined at 10 °C, dry matter at 20 °C and photosynthetic pigments at 30 °C. Significantly higher content of phenols and flavonoids in temperature stress was shown by selenium priming, while the increase in dry matter content was mostly influenced by sulfur priming. Variety Katarina showed a significant increase in the content of photosynthetic pigments under temperature stress when primed with water and a combination of sulfur and selenium, while varieties Osječka 20 and Super Žitarka reacted to with an increase in the content of photosynthetic pigments only at the temperature of 20 °C.

**Thesis performed at:** Faculty of Agrobiotechnical sciences

**Mentor:** Tihana Teklić, PhD, full professor

**Number of pages:** 64

**Number of figures:** 22

**Number of tables:** 15

**Number of references:** 21

**Number of appendices:** 0

**Original in:** Croatian

**Key words:** dry matter, flavonoids, hydrogen sulfide, phenols, photosynthetic pigments, selenium, wheatgrass

**Thesis defended on date:**

#### **Reviewers:**

1. *Miroslav Lisjak, PhD, associate professor*
2. *Tihana Teklić, PhD, full professor*
3. *Zdenko Lončarić, PhD, full professor*

**Thesis deposited at:** Library, Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Vladimira Preloga 1.