

# Utjecaj osmoprimiranja sjemena i nedostatka vode na pokazatelje rasta kod klijanaca suncokreta

---

**Petek, David**

**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:151:177206>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-02**



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**  
**FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK**

David Petek

Diplomski studij Povrćarstvo i cvjećarstvo

**UTJECAJ OSMOPRIMIRANJA I NEDOSTATKA VODE NA POKAZATELJE**  
**RASTA KOD KLIJANACA SUNCOKRETA**

**Diplomski rad**

**Osijek, 2020.**

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA  
FAKULTET AGROBIOTEHNIČKIH ZNANOSTI OSIJEK

David Petek

Diplomski studij Povrćarstvo i cvjećarstvo

**UTJECAJ OSMOPRIMIRANJA I NEDOSTATKA VODE NA POKAZATELJE  
RASTA KOD KLIJANACA SUNCOKRETA**

**Diplomski rad**

Povjerenstvo za ocjenu i obranu diplomskog rada:

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

**Osijek, 2020.**

# SADRŽAJ

|   |    |
|---|----|
| 1. UVOD .....   | 1  |
| 1.1. Suncokret ( <i>Helianthus annuus</i> L.) .....           | 1  |
| 1.1.1. Podrijetlo i sistematika .....                         | 1  |
| 1.2. Oplemenjivački pravci .....                              | 2  |
| 1.2.1. Glavni pravci u stvaranju hibrida suncokreta.....      | 2  |
| 1.2.2. Oplemenjivanje suncokreta na otpornost prema suši..... | 2  |
| 1.3 Cilj istraživanja .....                                   | 3  |
| 2. PREGLED LITERATURE .....                                   | 4  |
| 3. MATERIJALI I METODE .....                                  | 8  |
| 3.1 Biljni materijal .....                                    | 8  |
| 3.2 Određivanje poljskog vodnog kapaciteta .....              | 8  |
| 3.3 Statistička obrada podataka .....                         | 9  |
| 4. REZULTATI .....  | 10 |
| 5. RASPRAVA .....   | 18 |
| 6. ZAKLJUČAK .....  | 26 |
| 7. POPIS LITERATURE .....                                     | 27 |
| 8. SAŽETAK .....  | 29 |
| 9. SUMMARY .....  | 30 |
| 11. POPIS TABLICA .....                                       | 31 |
| 12. POPIS SLIKA .....   | 32 |
| 13. POPIS GRAFIKONA .....                                     | 33 |
| TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA                              |    |
| BASIC DOCUMENTATION CARD                                      |    |

# 1. UVOD

## 1.1. Suncokret (*Helianthus annuus* L.)

### 1.1.1. Podrijetlo i sistematika

Suncokret potječe iz Sjeverne Amerike, Meksika i Perua, dok se u Europi, suncokret počeo uzgajati u 16. stoljeću. Najprije je uzgajan kao ukrasna biljka, sjeme je korišteno za prehranu ptica, a ljudi su jeli jezgru iz sjemena. Suncokret (lat. *Helianthus annuus* L.) je jednogodišnja zeljasta biljka iz porodice glavočika (lat. *Asteraceae*) (Tablica 1.). Godine 1804. je prvi puta dobiveno ulje iz suncokreta. Sjeme sadrži oko 50 % ulja, 20 % bjelančevina i ugljikohidrata. Od suncokretova ulja proizvode se margarin, stearin (služi u proizvodnji svijeća, plastike). Glave suncokreta imaju puno hranjivih tvari, pa se mogu koristiti za prehranu domaćih životinja. Može se uzgajati kao uljani ili proteinski te kao glavni, naknadni i postrni usjev.

**Tablica 1.** Sistematika suncokreta (*Helianthus annuus* L.)

| SISTEMATIKA |               |
|-------------|---------------|
| CARSTVO     | Plantae       |
| DIVIZIJA    | Magnoliophyta |
| RAZRED      | Magnoliopsida |
| RED         | Asterales     |
| PORODICA    | Asteraceae    |
| ROD         | Helianthus    |
| VRSTA       | H. annuus     |

Izvor : <https://hr.wikipedia.org/>

Stabljika suncokreta je uspravna i čvrsta, nerazgranata, hrapave površine, naraste do 2 metra visine, iako postoje kultivari viši od 3 metra. Korijen je vretenast, jako razgranat i dug. Listovi su naizmjenični na dugim peteljkama, plojke su slabo nazubljene, srolike, široke i s obje strane dlakave. Cvjetovi su skupljeni u velike glavice promjera i do 40 cm, obavijene ovojem koji čine mnogobrojni zelenkasti listići i sastavljene su od brojnih (do 1500) cvjetova razmještenih u koncentričnim krugovima. Središnji cvjetovi su cjevasti i dvospolni, dok su rubni cvjetovi jezičasti, sterilni te zlatnožute boje. Cvate 7-10 dana u razdoblju od srpnja do kolovoza, procvjetaju prvo rubni cvjetovi pa postupno oni prema središtu. Plod sadrži jednu svijetlosivu sjemenku.

## **1.2. Oplemenjivački pravci**

Oplemenjivanje suncokreta na znanstvenim osnovama odvija se već više od jednog stoljeća. Razvoju oplemenjivanja na suncokretu pridonio je veliki broj znanstvenika u cijelom svijetu. Istaknut doprinos razvoju oplemenjivanja suncokreta u prvoj polovici dvadesetog stoljeća dali su ruski oplemenjivači. U drugoj polovici dvadesetog stoljeća razvoju oplemenjivanja suncokreta, a posebno stvaranju hibrida na bazi citoplazmatske muške sterilnosti, pridonijeli su oplemenjivači iz više zemalja. U razvoju genetike suncokreta sudjelovao je znatno veći broj znanstvenika. Izgradnju modela hibrida i određivanje glavnih pravaca u oplemenjivanju suncokreta u pogledu produktivnosti unaprijedili su istraživači iz Francuske, SAD-a, (Fick i sur., 1997, Miller i sur., 2000), Njemačke (Schuster, 1993.), Rumunjske (Vranceanu, 2000.) i naše zemlje (Škorić, 1988., 1989.).

### **1.2.1. Glavni pravci u stvaranju hibrida suncokreta**

Na osnovu zahtjeva tržišta i raspoložive genetske varijabilnosti suncokreta u svijetu i kod nas se realiziraju sljedeći pravci u stvaranju hibrida:

- ✓ Stvaranje hibrida s visokim prinosom sjemena i ulja (ha) otpornih prema dominantnim bolestima, insektima, herbicidima i suši;
- ✓ Stvaranje visokoproduktivnih hibrida s različitom kvalitetom ulja;
- ✓ Stvaranje visokoproduktivnih konzumnih hibrida s povećanim sadržajem proteina i izmijenjenom kvalitetom ulja;
- ✓ Stvaranje namjenskih hibrida za ishranu peradi i ukrasnih ptica;
- ✓ Stvaranje dekorativnih hibrida.

### **1.2.2. Oplemenjivanje suncokreta na otpornost prema suši**

Otpornost suncokreta prema suši zavisi od njegovih morfoloških, strukturnih i fizioloških osobina. Iz ovih razloga jedan od glavnih mehanizama otpornosti prema suši realizira se izmjenom određenih fizioloških i morfoloških parametara što omogućava racionalnije korištenje zaliha vode u vrijeme stresnog razdoblja. Prema rezultatima Škorića (1989., 1992.) i Vranceanu (2000.) vrlo djelotvornim se pokazalo korištenje fenomena "*stay green*" u selekciji na otpornost prema zemljišnoj i zračnoj suši. Izbor genotipova s ovim karakterom ne dovodi samo do povećanja otpornosti prema suši, već i prema *Phomopsis* i *Macrophomina phaseoli*. U različitim oplemenjivačkim centrima koriste se različite tehnike i parametri.

### 1.3 Cilj istraživanja

Cilj ovog eksperimenta je istražiti utjecaj osmoprimiranja odnosno tehnike kojom se sjeme djelomično ili u potpunosti hidrira s vodom ili pak otopinama različitih osmotskih vrijednosti s ciljem povećanja metaboličke aktivnosti i intenziviranja fizioloških procesa kako bi se pospješilo i ubrzalo klijanje suncokreta (*Helianthus annuus* L.). Također, istraživanjima će se utvrditi da li postoje značajne razlike u pokazateljima početnog porasta klijanaca suncokreta kod hibrida *Luka* te njegove majčinske i očinske linije nakon predsjetvenog osmoprimiranja sjemena različitim koncentracijama natrij hidrogen sulfida (NaHS). Sjetvom u tlo koje će biti zasićeno vodom do poljskog vodnog kapaciteta (PVK) odnosno do 30 % PVK, ispitat će se utjecaj sušnog stresa i interakcija sušnog stresa i varijanti osmoprimiranja na pokazatelje početnog porasta klijanaca suncokreta.

## 2. PREGLED LITERATURE

Krizmanić i sur., (2006.) navode kako je cilj u oplemenjivanju suncokreta stvoriti hibrid koji podrazumijeva uspješnu realizaciju svih osobina koje izravno i neizravno utječu na prinos zrna i ulja u različitim agroekološkim uvjetima. Posebna pozornost se posvećuje stvaranju linija s naglašenom tolerancijom na dominantne patogene sojeve i stvaranje hibrida otpornih na sušu s kratkom vegetacijom (110 do 120 dana).

Osmoprimiranje je tehnika predstjetvenog tretmana sjemena potapanjem u različite otopine s ciljem povećanja vigora i intenziviranja fizioloških procesa kako bi sjeme, kada dođe u kontakt s tlom i vanjskim uvjetima, zadržalo što veću klijavost i energiju klijanja. Time se povećava postotak preživljavanja mladih biljaka u polju i lakše postiže planirani sklop. Kod osmoprimiranja sjemena najčešće korišteni spojevi su otopine soli niskih koncentracija koje stimuliraju aktivnost hidrolitičkih enzima a ujedno su i osmoregulatori što povećava usvajanje vode, poput  $\text{KNO}_3$ , (Bradford, 1986.). Također se u tu svrhu mogu koristiti i kemikalije poput polietilen glikola (PEG), hormona, vitamina, aminokiselina, melatonina ili različitih poliamina. S ciljem povećanja otpornosti na stres, sve se više istražuje efekt kemijskih spojeva odnosno donora jednostavnih kemijskih spojeva koji imaju brz učinak u jačanju biljke, a za koje je poznato da sudjeluju u prijenosu staničnog signala, aktivaciji i stimulaciji fizioloških puteva, poput antioksidacijskog odgovora. U tu skupinu spadaju vodikov peroksid ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ), dušikov oksid (NO), a jedan od takvih spojeva sa višestrukom fiziološkom ulogom je i plinoviti prijenosnik signala, sumporovodik ( $\text{H}_2\text{S}$ ), (Savvides i sur., 2016.). Donori tih spojeva, poput SNP-a (natrij nitro prusid – donor NO) ili NaHS (natrij hidro sulfid – donor  $\text{H}_2\text{S}$ ) su interesantni zbog toga jer su to jeftini kemijski spojevi, bez štetnog utjecaja na okoliš u koncentracijama kojima se primjenjuju, a mogu se aplicirati u bilo kojoj fazi rasta biljke prskanjem, navodnjavanjem odnosno zalijevanjem biljaka.

Suša, slanost, naglo pothlađivanje i smrzavanje rezultiraju osmotskim stresom koji može dovesti do gubitka turgora i inhibicije rasta. Biljke održavaju osmotsku homeostazu nakupljanjem osmoregulacijskih spojeva poput slobodnog prolina i drugih aminokiselina, topljivih ugljikohidrata, topljivih proteina (Krasensky i Jonak, 2012.). Osmoregulacija rezultira održavanjem turgora stanica i biljaka, otvaranjem puči i na taj način poboljšanom fotosintezom i rastom. Primirane biljke izložene suši, soli, pothlađivanju ili smrzavanju, sadrže više slobodnog prolina, topljivih ugljikohidrata i



bjelančevina, u usporedbi s biljkama koje nisu primirane (He i sur., 2009.; Shi i sur., 2014.; Iseri i sur., 2013.).

Sadeghi i sur., (2011.) su istraživali utjecaj osmoprimiranja otopinama polietilen glikola 6000 (PEG-6000), različitih koncentracija i osmotskih vrijednosti na klijanje i vigor sjemena soje (*Glycine max* L.). Sjeme je u trajanju od 6, 12, 24 i 48 sati, pri 25 °C, tretirano sa otopinama PEG osmotskog potencijala -0,4, -0,8, -1,2, -1,6, i -2 MPa, a destilirana voda je korištena kao kontrola. Utvrđeno je da su navedeni tretmani značajno utjecali na ukupni postotak klijanja, prosječno vrijeme klijanja, energiju klijanja i 50 % klijavost te električni konduktivitet sjemena. Osmotski potencijal PEG 6000 od -1,2 MPa i trajanje tretmana 12 sati, povećao je postotak klijavosti, energiju klijanja i vigor sjemena te smanjio prosječno vrijeme klijanja a time i smanjio broj dana da se dobije 50 % ukupne klijavosti. U prosjeku, tretirano sjeme soje je imalo veći vigor od ne tretiranog sjemena te autori zaključuju da blagi osmotski stres koji izaziva otopina PEG 6000, stimulatивно djeluje na vigor sjemena.

Kaya i sur., (2006.) su ispitivali utjecaj osmoprimiranja sjemena suncokreta na početni porast klijanaca uzgajanih u uvjetima solnog stresa i nedostatka vode. Cilj istraživanja je bio utvrditi pokazatelje klijavosti i vigora sjemena, te pronaći najefikasniju varijantu osmoprimiranja. Sjeme suncokreta sorte Sanbro, osmoprimirano u 3 varijante (bez osmoprimiranja, otopina KNO<sub>3</sub> i hidroprimiranje), uzgajano je u prisustvu različitih koncentracija soli (NaCl; EC: 0,0, 6,5, 12,7, 18,4 i 23,5 dS/m) i otopine PEG- 6000, različitih osmotskih vrijednosti 0,0 -0,3, -0,6, -0,9 i -1,2 MPa. Autori su utvrdili da obje otopine usporavaju brzinu klijanja. Pri tretmanu s NaCl, jednakog osmotskog potencijala kao i otopina PEG-6000, klijanje te dužina korijena i nadzemnog dijela su bili veći te je prosječno vrijeme klijanja i postotak nenormalnih klijanaca bio manji. Sjeme je klijalo pri svim koncentracijama NaCl-a, dok pri tretmanu s PEG-om, osmotskog potencijala -1,2 MPa sjeme nije proklijalo. Autori dokazuju da NaCl ima manje značajan inhibitorni učinak na rast klijanaca nego na samu klijavost sjemena. Također, autori potvrđuju da osmotski stres puno značajnije utječe na smanjenje klijavosti nego sama toksičnost soli. kao i da prethodno hidroprimiranje sjemena smanjuje štetne učinke solnog i osmotskog stresa.

Bajenbaj (2010.) je istraživao učinak osmoprimiranja sjemena otopinom KNO<sub>3</sub> osmotske vrijednosti -1,0 MPa, na toleranciju solnog stresa kod četiri kultivara

suncokreta uzgajanih u prisustvu NaCl. Sjeme je osmoprimirano u navedenoj otopini tijekom 24 sata pri temperaturi od 30 °C. Biljke su 40 dana uzgajane u plasteniku u perlitnim posudama pri otopinama NaCl različitog konduktiviteta 5, 10, 15, 20 i 25 dS/m). Autori navode da je značajno veći postotak klijanja utvrđen kod biljaka čije je sjeme prethodno imbibirano u otopini KNO<sub>3</sub> (Slika 4). Također, osmopimiranje je pozitivno djelovalo na duljinu korjenčića, visinu klijanaca, suhu masu te broj listova kod biljaka. Sadržaj Na u biljkama uzgojenih iz primiranog sjemena je bio viši u usporedbi s ne tretiranim sjemenkama. Autori navode da je povećana tolerancija saliniteta kod biljaka dobivenih iz osmoprimiranog sjemena rezultat znatno većeg potencijala za osmoregulaciju u usporedbi sa ne tretiranim sjemenom. temeljnim biljkama rezultirala je većim potencijalom tih biljaka za regulaciju osmoze. Povećanje osmotskog potencijala otopine NaCl rezultiralo je pojačanim izduživanjem korijena te smanjenjem izduživanja nadzemnog dijela i obrnuto.

**Table 1.** The effect of NaCl priming on seed germination, seedling emergence and growth of four Sunflower cultivars under salinity conditions.

| Treatment                      | Total Emergence (%) | MET* (day) | Root length (cm) | Plant height (cm) | Seedling dry weight (mg) | Leaf number | Radical length (mm) | Proline (%mg/f. w) |
|--------------------------------|---------------------|------------|------------------|-------------------|--------------------------|-------------|---------------------|--------------------|
| Cultivar                       | Armawireski         | 83a        | 4.0a             | 11.6a             | 1780a                    | 6.7a        | 8.3a                | 0.94a              |
|                                | Airfloure           | 86a        | 3.5a             | 10.6a             | 1800a                    | 6.5a        | 6.8b                | 1.04a              |
|                                | Alestar             | 69c        | 3.1a             | 8.7a              | 1713a                    | 6.2a        | 7.1b                | 0.89a              |
|                                | Ismaili             | 76b        | 2.93a            | 9.8a              | 1763a                    | 5.8a        | 6.7b                | 1.21a              |
| Priming                        | P                   | 90a        | 3.5a             | 10.1a             | 1850a                    | 7.2a        | 7.23b               | 0.94b              |
|                                | NP                  | 81b        | 4.8b             | 11.3b             | 1400b                    | 6.1b        | 9.39a               | 1.41a              |
| Salinity (dS m <sup>-1</sup> ) | 5                   | 98a        | 3.0a             | 12.4a             | 1800a                    | 7.7a        | 6.84a               | 0.47a              |
|                                | 10                  | 90a        | 3.0a             | 10.6b             | 1200b                    | 7.0ab       | 6.12b               | 0.61a              |
|                                | 15                  | 80c        | 4.0ab            | 5.4c              | 880c                     | 4.5c        | 5.61c               | 0.87b              |
|                                | 20                  | 74cd       | 6.0b             | 4.0d              | 350d                     | 3.1d        | 4.33d               | 1.59c              |
|                                | 25                  | 65d        | 7.9c             | 3.2e              | 200e                     | 1.2e        | 3.29e               | 1.86d              |

Different letters in columns show significant difference based on Duncan's multiple range test at P < 0.01.

**Slika 1.** Učinak primiranja NaCl-a na klijanje sjemena četiri kultivara u uvjetima solnog stresa (Bajenbaj, 2010.)

Everard i Drew (1989.) su istraživali utjecaj anoksije u zoni korijena na vodeni potencijal kod hidroponski uzgojenih biljaka u kontroliranim uvjetima. Vodeni potencijal lista počeo je opadati u roku od jednog sata od početka anaerobioze korijena. Jačina vodenog stresa tijekom početnih osam sati tretmana ovisila je o vlažnosti zraka u samom okruženju. Oporavak vodenog balansa korijena krenuo je tek od drugi dan pod anoksijom, s time da se puči nisu zatvorile. Biljke su pokazale dva pravca odgovora na stres. Nakon 3 dana kontinuirane anaerobioze zabilježen je smanjeni udio vode u listovima, vodeni potencijal lista, brzina transpiracije i provodljivost puči. Biljke su

uspjele regulirati osmotski potencijal, međutim to nije bilo dovoljno da se spriječi gubitak turgora te su biljke počele venuti u četvrtom danu anoksije. Kod druge grupe biljaka, nisu bili vidljivi znaci dehidracije te biljke nisu povećale vodeni potencijal tijekom anoksije. Senescencija listova kod te grupe biljaka je bila ubrzana. Autori zaključuju da postoje različitosti u odgovoru na anoksiju na razini hibrida ili sorte, unutar iste vrste biljaka.

Hussain i sur., (2006.) su proveli istraživanja s ciljem procjene utjecaja primiranja sjemena na rast, prinos i kvalitetu hibridnog suncokreta. Sjeme je primirano u vodi na 24 sata, osušeno sljedeća 24 sata, matriprimirano 24 i 48 sati, osmoprimirano u 0,5 % otopini  $\text{KNO}_3$  0,1 %  $\text{NaCl}$  tijekom 12 sati. Autori navode kako hidroprimiranje i osmoprimiranje s  $\text{NaCl}$  je smanjilo vrijeme potrebno za pojavu 50 % klijanaca, prosječno vrijeme klijanja te povećalo ukupnu klijavost, energiju klijanja, prinos dok ni jedan primijenjeni tretman nije utjecao na sadržaj ulja u sjemenu.

Bailly i sur., (2007.) su istraživali antioksidativni odgovor u sjemenu suncokreta koje je prethodno primirano sedam dana na 15 °C u otopini PEG, osmotske vrijednosti -2,0 MPa koje je poboljšalo klijavost pri 15 °C na vodi. Pozitivni učinak primiranja zadržan je još 3 dana nakon sušenja sjemena pri 20 °C. Osmoprimiranje je rezultiralo snažnim porastom aktivnosti superoksid dismutaze i katalaze, ali nije bitno utjecalo na sadržaj malondialdehida i aktivnost glutation-reduktaze. Nakon tri dana sušenja sadržaj malondialdehid se povećao, a enzimatska aktivnost je bila slična onima izmjerenim u suhim, ne primiranim sjemenkama, iako je stimulativni učinak primiranja na klijavost ostao. Imbibicija kontrolnog suhog sjemena je bila povezana s povećanjem sadržaja malondialdehida i porastom aktivnosti SOD, CAT i GR. Za SOD i GR nisu utvrđene promjene u izoformama navedenih enzima kod primiranog i ne primiranog sjemena, ali je tretman osmoprimiranjem inducirao sintezu druge izoforme enzima CAT. Autori zaključuju da se promjene u izoformama enzima CAT mogu koristiti kao indikatori primiranja koji potiču klijanje.

### **3. MATERIJALI I METODE**

#### **3.1 Biljni materijal**

Istraživanje je provedeno akademske godine 2018./2019. u Laboratoriju za ishranu i fiziologiju bilja na fakultetu Agrobiotehničkih znanosti u Osijeku. Poljski pokus izveden je na sjemenu suncokreta (*Helianthus annuus L.*) sorti „Luka” kao i njegovoj očinskoj i majčinskoj liniji (proizvođač: Poljoprivredni institut Osijek). Napravljena je *stock otopina* od 100 mM (NaHS) koja je vagana na 0,7463 g/100mL. Natopljeno je 450 sjemenki u 250 mL otopine odnosno vode u vremenskom razdoblju od dva sata. Sjeme suncokreta stavljeno je na sušenje 24 sata te stavljeno na naklijavanje. Plastične teglice dimenzija 20 x 20 x 7 cm koristilo se za naklijavanje, u tlo (dio slobodnog prostora s parcele Poljoprivrednog instituta Osijek u kojem se uzgaja suncokret) zasićeno do PVK u startu. Naklijavano je 50 sjemenki po repeticiji.

#### **3.2 Određivanje poljskog vodnog kapaciteta**

U tretmanima bez sušnog stresa održavao se PVK tako da su se vagale teglice s tлом i dodavala voda do jednake mase što je bila u početku kad je sjeme stavljeno na naklijavanje. Teglice s klijancima koje su bile podvrgnute sušnom stresu nakon sjetve nisu se zalijevale nego se provjeravala masa te se nadoknađivala voda do 30 PVK. U svaku teglicu s tлом dodan je proračun volumena vode s obzirom na masu tla u teglici kao i % PVK tla, trenutna vlaga koja je uzeta u obzir iznosima je 4,85 %. Masa 25 plastičnih teglica iznosila je 738,27 g, što znači da je masa jedne teglice 29,53 g, što je također bila tara. Od izvagane mase tla s teglicama trebalo je oduzeti taru (29,53 g) kako bi znali koja je masa u teglici. Iz proračuna dobiven je maseni udio vode koji je zadovoljio PVK te iznosio 24,76 % mase suhog uzorka tla. To je značilo da na 100 g suhog tla treba dodavati 24,67 mL vode. Trebalo je uzeti u obzir i trenutnu vlagu (4,85 %) koja je bila prisutna u tlu, pa je ovih 24,76 mL trebalo smanjiti za trenutnu vlagu. Za postizanje PVK trebalo je na 104,85 g tla s 4,85 % vlage, dodati vode do mase 124,76 g, što je iznosilo 19,91 mL ( $124,76 - 104,85 = 19,91$ ). Za postizanje 30 % PVK bilo je potrebno na 104,85 g tla s 4,85 % vlage dodati vode do 107,43 g, te je iznosilo 2,58 mL ( $107,43 - 104,85 = 2,58$ ). Poljski pokus određivao u vremenskom razdoblju od 29. svibnja – 10. listopada 2015. godine. U tom vremenskom razdoblju svakodnevno se pratilo stanje plastičnih teglica s klijancima te se mjerila minimalna i maksimalna temperatura te postotak relativne vlage zraka. Nakon završetka pokusa klijancima se

odredila poljska klijavost, te izvagana je masa nadzemnog djela i listova za svaku repeticiju te su podaci statistički obrađeni.

### **3.3 Statistička obrada podataka**

Istraživanje je provedeno kao dvofaktorijalni pokus u četiri ponavljanja sa po 50 klijanaca po ponavljanju.

Rezultati su analizirani uobičajenim metodama statističke obrade podataka pomoću SAS Software 9.1.3, programske podrške (2002.-2003., SAS Institute Inc., Cary, USA) i Microsoft Office Excell 2010. Korištene su slijedeće statističke metode: analiza varijance (ANOVA), statistički testovi značajnosti utjecaja primijenjenih tretmana – F test i Fisher's LSD test (eng. Least Significant Difference).

## 4. REZULTATI

F test je pokazao da je tip sjemena značajno utjecao na masu listova i masu nadzemnog dijela u odnosu na druga dva parametra ( $P < 0,0001$ ) (Tablica 3). U odnosu na sve četiri varijante primiranja i sve tri tipa sjemena, obje varijante sušnog stresa su vrlo značajno utjecale ( $P < 0,0001$ ) na sve ispitivane parametre. LSD test je pokazao da je sjeme hibrida imalo značajno veću masu listova i nadzemnog dijela, dok je s druge strane, broj klijanaca bio manji u odnosu na majčinsku i očinsku komponentu (Luka: masa nadzemnog dijela = 29,108 g; masa listova = 5,278 g; broj klijanaca = 42,094). Prema LSD testu, značajno manji broj klijanaca imalo je sjeme koje nije bilo podvrgnuto primiranju u odnosu na ostale varijante primiranja (bez primiranja = 41,333).

**Tablica 2.** Utjecaj primiranja sjemena (voda, 500  $\mu$ M, 1000  $\mu$ M NaHS), sušnog stresa (PVK i 30 % PVK) i linije odnosno hibrida suncokreta na broj klijanaca, masu nadzemnog dijela (g) i masu listova (g).

|   |                   | Broj<br>klijanaca | Masa<br>nadzemnog<br>dijela (g) | Masa listova<br>(g) |
|---|-------------------|-------------------|---------------------------------|---------------------|
| <b>Sjeme</b>                                    | Luka/ majka       | 44 <sup>A</sup>   | 21,66 <sup>B</sup>              | 4,05 <sup>B</sup>   |
|   | Luka/otac         | 44 <sup>A</sup>   | 20,98 <sup>B</sup>              | 4,19 <sup>B</sup>   |
|   | Luka              | 42 <sup>B</sup>   | 29,10 <sup>A</sup>              | 5,27 <sup>A</sup>   |
|   | F Test            | 6,02              | 114,09                          | 69,99               |
|   | <i>p</i>          | <b>0,0038</b>     | <b>&lt;0,0001</b>               | <b>&lt;0,0001</b>   |
| <b>Primiranje sjemena</b>                       | Bez primiranja    | 41 <sup>B</sup>   | 23,06                           | 4,43                |
|   | H <sub>2</sub> O  | 43 <sup>AB</sup>  | 23,59                           | 4,39                |
|   | 500 $\mu$ M NaHS  | 44 <sup>A</sup>   | 24,33                           | 4,50                |
|   | 1000 $\mu$ M NaHS | 45 <sup>A</sup>   | 24,681                          | 4,720               |
|   | F Test            | 7,49              | 2,23                            | 2,53                |
| <i>p</i>  | <b>0,0002</b>     | 0,0918            | 0,0638                          |                     |
| <b>Sušni stres</b>                              | PVK               | 46 <sup>A</sup>   | 34,75 <sup>A</sup>              | 6,59 <sup>A</sup>   |
|   | 30% PVK           | 40 <sup>B</sup>   | 13,08 <sup>B</sup>              | 2,42 <sup>B</sup>   |
|   | F Test            | 130,50            | 1978,47                         | 2051,25             |
| <i>p</i>  | <b>&lt;0,0001</b> | <b>&lt;0,0001</b> | <b>&lt;0,0001</b>               |                     |
| <b>Sjeme x Primiranje sjemena</b>               | F Test            | 1,05              | 2,94                            | 2,69                |
|   | <i>p</i>          | 0,4020            | <b>0,0127</b>                   | <b>0,0205</b>       |
| <b>Sjeme x Sušni stres</b>                      | F Test            | 2,41              | 93,14                           | 14,82               |
|   | <i>p</i>          | 0,0969            | <b>&lt;0,0001</b>               | <b>&lt;0,0001</b>   |
| <b>Primiranje sjemena x Sušni stres</b>         | F Test            | 2,37              | 1,39                            | 4,90                |
|   | <i>p</i>          | 0,0776            | 0,2525                          | <b>0,0037</b>       |
| <b>Sjeme x Primiranje sjemena x Sušni stres</b> | F Test            | 0,54              | 1,54                            | 1,03                |
|   | <i>p</i>          | 0,7779            | 0,1778                          | 0,4127              |

Također, najmanja masa nadzemnog dijela i mase listova imalo je sjeme bez primiranja (masa nadzemnog dijela = 23,063 g; masa listova = 4,435 g), dok je najveću masu ispitivanih parametara s razinom značajnosti od 95 % bilo zabilježeno kod sjemena tretiranog s 1000  $\mu$ M NaHS (masa nadzemnog dijela = 24,681 g; masa listova = 4,720 g). Očekivano, prema LSD testu, ispitivani faktori kod 30 % PKV bili su značajno niži od PVK (30 % PVK broj klijanaca = 40,250; masa nadzemnog dijela = 13,083 g; masa listova = 2,426 g). Interakcija obje varijante sušnog stresa i tipa sjemena imala je značajno veću masu listova i nadzemnog dijela uspoređujući sa sve četiri varijante primiranja ( $P < 0,0001$ ).

Rezultati F testa pokazali su značajni utjecaj na masu nadzemnog dijela klijanaca i masu listova ( $P < 0,0001$ ) kod sve četiri varijante osmoprimiranja sjemena suncokreta te u obje varijante sušnog stresa (Tablica 4). Izlaganje sušnom stresu značajno je utjecalo na broj klijanaca kod sjemena osmoprimiranog vodom kao i kod sjemena bez osmoprimiranja ( $P < 0,0001$ ), međutim utjecaj sušnog stresa bio je od manje značajnosti kod sjemena osmoprimiranog s 500  $\mu$ M NaHS i 1000  $\mu$ M NaHS ( $P = 0,0003$ ).

LSD test kod sjemena bez primiranja pokazao je značajno višu masu nadzemnog dijela kod hibrida Luke u odnosu na njegovu majčinsku i očinsku komponentu (masa nadzemnog dijela Luka = 28,354 g; masa nadzemnog dijela Luka/majka = 20,029 g, masa nadzemnog dijela Luka/otac = 20,805 g). Nadalje, masa listova kod hibrida Luke bila je veća uspoređujući je s njegovom majčinskom i očinskom komponentom (masa listova Luka = 5,335 g; masa listova Luka/majka = 3,814 g, masa listova Luka/otac = 4,156 g). Dok je s druge strane, broj klijanaca kod roditeljskih komponenti bio značajno viši u odnosu na hibrid (broj klijanaca Luka/majka = 41,000; broj klijanaca Luka/otac = 43,250; broj klijanaca Luka = 39,750). Masa nadzemnog dijela i masa listova, kod osmoprimiranja sjemena vodom, bila je značajno niža kod roditeljskih komponenti nego li kod hibrida (masa nadzemnog dijela Luka = 27,339 g; masa nadzemnog dijela Luka/majka = 21,011 g; masa nadzemnog dijela Luka/otac = 22,445 g; masa listova Luka = 4,917 g; masa listova Luka/majka = 3,850 g, masa listova Luka/otac = 4,404 g). Kod osmoprimiranja sjemena s 500  $\mu$ M NaHS, broj klijanaca bio je značajno niži u odnosu na roditeljske komponente (broj klijanaca Luka = 42,000; broj klijanaca Luka/majka = 45,375, broj klijanaca Luka/otac = 45,750).

**Tablica 3.** Utjecaj sušnog stresa (PVK i 30 % PVK) i linije odnosno hibrida, na broj klijanaca, masu nadzemnog dijela (g) i masu listova (g) kod suncokreta čije je sjeme primirano u vodi, 500  $\mu$ M i 1000  $\mu$ M otopini NaHS.

| <b>Bez primiranja</b>             |             |                   |                           |                    |
|-----------------------------------|-------------|-------------------|---------------------------|--------------------|
|                                   |             | Broj klijanaca    | Masa nadzemnog dijela (g) | Masa listova (g)   |
| <b>Sjeme</b>                      | Luka/ majka |                   |                           |                    |
|                                   | Luka/otac   | 41 <sup>a</sup>   | 20,03 <sup>B</sup>        | 3,81 <sup>B</sup>  |
|                                   | Luka        | 43 <sup>a</sup>   | 20,81 <sup>B</sup>        | 4,15 <sup>B</sup>  |
|                                   |             | 40 <sup>b</sup>   | 28,35 <sup>A</sup>        | 5,33 <sup>A</sup>  |
|                                   | F Test      | 2,44              | 27,27                     | 27,64              |
|                                   | <i>p</i>    | 0,1158            | <b>&lt;0,0001</b>         | <b>&lt;0,0001</b>  |
| <b>Sušni stres</b>                | PVK         | 46 <sup>A</sup>   | 34,63 <sup>A</sup>        | 6,75 <sup>A</sup>  |
|                                   | 30% PVK     | 37 <sup>B</sup>   | 11,49 <sup>B</sup>        | 2,11 <sup>B</sup>  |
|                                   | F Test      | 40,32             | 517,85                    | 699,30             |
|                                   | <i>p</i>    | <b>&lt;0,0001</b> | <b>&lt;0,0001</b>         | <b>&lt;0,0001</b>  |
| <b>Sušni stres x Sjeme</b>        | F Test      | 1,47              | 21,75                     | 3,12               |
|                                   | <i>p</i>    | 0,2567            | <b>&lt;0,0001</b>         | 0,0688             |
| <b>H<sub>2</sub>O</b>             |             |                   |                           |                    |
|                                   |             | Broj klijanaca    | Masa nadzemnog dijela (g) | Masa listova (g)   |
| <b>Sjeme</b>                      | Luka/ majka |                   |                           |                    |
|                                   | Luka/otac   | 44                | 21,01 <sup>B</sup>        | 3,85 <sup>B</sup>  |
|                                   | Luka        | 43                | 22,44 <sup>B</sup>        | 4,40 <sup>AB</sup> |
|                                   |             | 43                | 27,33 <sup>A</sup>        | 4,91 <sup>A</sup>  |
|                                   | F Test      | 1,22              | 19,40                     | 14,56              |
|                                   | <i>p</i>    | 0,3198            | <b>&lt;0,0001</b>         | <b>0,0002</b>      |
| <b>Sušni stres</b>                | PVK         | 47 <sup>A</sup>   | 34,60 <sup>A</sup>        | 6,55 <sup>A</sup>  |
|                                   | 30% PVK     | 40 <sup>B</sup>   | 12,59 <sup>B</sup>        | 2,11 <sup>B</sup>  |
|                                   | F Test      | 61,72             | 640,11                    | 720,31             |
|                                   | <i>p</i>    | <b>&lt;0,0001</b> | <b>&lt;0,0001</b>         | <b>&lt;0,0001</b>  |
| <b>Sušni stres x Sjeme</b>        | F Test      | 1,90              | 12,16                     | 0,62               |
|                                   | <i>p</i>    | 0,1782            | <b>0,0005</b>             | 0,5509             |
| <b>500 <math>\mu</math>M NaHS</b> |             |                   |                           |                    |
|                                   |             | Broj klijanaca    | Masa nadzemnog dijela (g) | Masa listova (g)   |
| <b>Sjeme</b>                      | Luka/ majka |                   |                           |                    |
|                                   | Luka/otac   | 45 <sup>a</sup>   | 22,85 <sup>B</sup>        | 4,18 <sup>B</sup>  |
|                                   | Luka        | 46 <sup>a</sup>   | 20,65 <sup>B</sup>        | 4,15 <sup>B</sup>  |
|                                   |             | 42 <sup>b</sup>   | 29,48 <sup>A</sup>        | 5,16 <sup>A</sup>  |
|                                   | F Test      | 3,96              | 26,17                     | 13,77              |
|                                   | <i>p</i>    | 0,0377            | <b>&lt;0,0001</b>         | <b>0,0002</b>      |
| <b>Sušni stres</b>                | PVK         | 47 <sup>A</sup>   | 34,80 <sup>A</sup>        | 6,51 <sup>A</sup>  |
|                                   | 30% PVK     | 41 <sup>B</sup>   | 13,86 <sup>B</sup>        | 2,48 <sup>B</sup>  |
|                                   | F Test      | 20,41             | 407,55                    | 506,43             |
|                                   | <i>p</i>    | <b>0,0003</b>     | <b>&lt;0,0001</b>         | <b>&lt;0,0001</b>  |
| <b>Sušni stres x Sjeme</b>        | F Test      | 0,00              | 26,24                     | 8,11               |
|                                   | <i>p</i>    | 0,9952            | <b>&lt;0,0001</b>         | <b>0,0031</b>      |



| <b>1000 <math>\mu</math>M NaHS</b> |             |                    |                           |                     |
|------------------------------------|-------------|--------------------|---------------------------|---------------------|
|                                    |             | Broj<br>klijanaca  | Masa nadzemnog dijela (g) | Masa<br>listova (g) |
| <b>Sjeme</b>                       | Luka/ majka |                    |                           |                     |
|                                    | Luka/otac   | 45                 | 22,75 <sup>B</sup>        | 4,38 <sup>B</sup>   |
|                                    | Luka        | 45                 | 20,03 <sup>B</sup>        | 4,08 <sup>B</sup>   |
|                                    |             | 44                 | 31,25 <sup>A</sup>        | 5,69 <sup>A</sup>   |
|                                    | F Test      | 0,65               | 49,04                     | 20,89               |
|                                    | <i>p</i>    | 0,5319             | <b>&lt;0,0001</b>         | <b>&lt;0,0001</b>   |
| <b>Sušni stres</b>                 | PVK         | 47,08 <sup>A</sup> | 34,97 <sup>A</sup>        | 6,56 <sup>A</sup>   |
|                                    | 30% PVK     | 42,50 <sup>B</sup> | 14,38 <sup>B</sup>        | 2,87 <sup>B</sup>   |
|                                    | F Test      | 20,39              | 455,51                    | 289,86              |
|                                    | <i>p</i>    | <b>0,0003</b>      | <b>&lt;0,0001</b>         | <b>&lt;0,0001</b>   |
| <b>Sušni stres<br/>x Sjeme</b>     | F Test      | 0,86               | 35,33                     | 5,03                |
|                                    | <i>p</i>    | 0,4414             | <b>&lt;0,0001</b>         | <b>0,0184</b>       |

Prema LDS testu, hibrid Luka imao je značajno višu masu nadzemnog dijela u odnosu na roditeljske komponente (masa nadzemnog dijela Luka = 29,488 g; masa nadzemnog dijela Luka/majka = 22,854 g, masa nadzemnog dijela Luka/otac = 20,659 g), kao i značajno višu masu listova (masa listova Luka = 5,165 g; masa listova Luka/majka = 4,185 g, masa listova Luka/otac = 4,151 g). Sjeme osmoprimirano s 1000  $\mu$ M NaHS također je imalo značajno višu masu nadzemnog dijela i masu listova kod hibrida Luke u odnosu na majčinsku i očinsku komponentu (masa nadzemnog dijela Luka = 31,252g; masa nadzemnog dijela Luka/majka = 22,756 g; masa nadzemnog dijela Luka/otac = 20,035 g; masa listova Luka = 5,694 g; masa listova Luka/majka = 4,384 g, masa listova Luka/otac = 4,084 g). Prema F testu, interakcija sušnog stresa i tipa sjemena bila je pokazala se vrlo značajnom za masu nadzemnog dijela kod svih varijanti osmoprimiranja sjemena osim kod osmoprimiranja sjemena vodom gdje je razinom značajnosti bila niža ( $P=0,0005$ ).

F test je pokazao da je varijanta sušnog stresa PVK značajno utjecala na broj klijanaca, masu nadzemnog dijela te na njihovu masu listova ( $P<0,0001$ ) (Tablica 5). Nadalje, varijanta sušnog stresa 30 % PVK imala je značajan utjecaj na masu listova dok utjecaj na druge parametre nije utvrđen. Kod varijante sušnog stresa 30 % PVK zabilježen je najveći broj klijanaca kod sjemena osmoprimiranog 500 i 1000  $\mu$ M NaHS (500  $\mu$ M NaHS broj klijanaca = 41; 1000 $\mu$ M NaHS broj klijanaca = 42), dok je broj klijanaca nešto niži kod primiranja sjemena vodom (broj klijanaca H<sub>2</sub>O = 39), a najniži kod sjemena koje nije bilo primirano (broj klijanaca bez primiranja = 37).

**Tablica 4.** Utjecaj primiranja (voda, 500  $\mu$ M, 1000  $\mu$ M NaHS) i linije odnosno hibrida, na broj klijanaca, masu nadzemnog dijela (g) i masu listova (g) kod suncokreta čije je sjeme uzgajano pri PVK i 30 % PVK.

|                                   |                   | <b>30% PVK</b>    |                           |                    |
|-----------------------------------|-------------------|-------------------|---------------------------|--------------------|
|                                   |                   | Broj klijanaca    | Masa nadzemnog dijela (g) | Masa listova (g)   |
| <b>Sjeme</b>                      | Luka/ majka       | 40                | 12,03 <sup>B</sup>        | 2,05 <sup>B</sup>  |
|                                   | Luka/otac         | 41                | 13,48 <sup>AB</sup>       | 2,37 <sup>B</sup>  |
|                                   | Luka              | 40                | 13,73 <sup>A</sup>        | 2,85 <sup>A</sup>  |
|                                   | F Test            | 1,70              | 4,33                      | 16,44              |
|                                   | <i>p</i>          | 0,1966            | <b>0,0206</b>             | <b>&lt;0,0001</b>  |
| <b>Primiranje sjemena</b>         | Bez primiranja    | 37 <sup>B</sup>   | 11,49 <sup>B</sup>        | 2,11 <sup>B</sup>  |
|                                   | H <sub>2</sub> O  | 40 <sup>AB</sup>  | 12,59 <sup>AB</sup>       | 2,22 <sup>B</sup>  |
|                                   | 500 $\mu$ M NaHS  | 42 <sup>A</sup>   | 13,86 <sup>A</sup>        | 2,48 <sup>AB</sup> |
|                                   | 1000 $\mu$ M NaHS | 43 <sup>A</sup>   | 14,38 <sup>A</sup>        | 2,87 <sup>A</sup>  |
|                                   | F Test            | 5,67              | 6,56                      | 8,73               |
|                                   | <i>p</i>          | <b>0,0027</b>     | <b>0,0012</b>             | <b>0,0002</b>      |
| <b>Sjeme x primiranje sjemena</b> | F Test            | 0,72              | 1,24                      | 1,06               |
|                                   | <i>p</i>          | 0,6325            | 0,3080                    | 0,4069             |
|                                   |                   | <b>PVK</b>        |                           |                    |
|                                   |                   |                   |                           |                    |
| <b>Sjeme</b>                      | Luka/ majka       | 48 <sup>A</sup>   | 31,28 <sup>B</sup>        | 6,06 <sup>B</sup>  |
|                                   | Luka/otac         | 47 <sup>A</sup>   | 28,49 <sup>C</sup>        | 6,02 <sup>B</sup>  |
|                                   | Luka              | 45 <sup>B</sup>   | 44,48 <sup>A</sup>        | 7,70 <sup>A</sup>  |
|                                   | F Test            | 13,26             | 140,53                    | 58,85              |
|                                   | <i>p</i>          | <b>&lt;0,0001</b> | <b>&lt;0,0001</b>         | <b>&lt;0,0001</b>  |
| <b>Primiranje sjemena</b>         | Bez primiranja    | 46 <sup>b</sup>   | 34,63                     | 6,75               |
|                                   | H <sub>2</sub> O  | 47 <sup>a</sup>   | 34,60                     | 6,55               |
|                                   | 500 $\mu$ M NaHS  | 47 <sup>a</sup>   | 34,80                     | 6,51               |
|                                   | 1000 $\mu$ M NaHS | 47 <sup>a</sup>   | 34,97                     | 6,56               |
|                                   | F Test            | 2,27              | 0,04                      | 0,54               |
|                                   | <i>p</i>          | 0,0969            | 0,9872                    | 0,6586             |
| <b>Sjeme x primiranje sjemena</b> | F Test            | 1,04              | 2,61                      | 2,37               |
|                                   | <i>p</i>          | 0,4174            | <b>0,0333</b>             | <b>0,0493</b>      |

Masa nadzemnog dijela najviša je bila kod sjemena osmoprimiranog s 500 i 1000  $\mu$ M NaHS (500  $\mu$ M NaHS masa nadzemnog dijela = 13,860 g; 1000 $\mu$ M NaHS masa nadzemnog dijela = 14,386 g), dok je masa nadzemnog dijela bila značajno niža kod sjemena bez primiranja (masa nadzemnog dijela bez primiranja = 11,493 g). Također, kod neprimiranog sjemena masa listova bila je značajno najniža (masa listova = 2,118 g), dok je najvišu masu listova imalo sjeme osmoprimiranog s 1000  $\mu$ M NaHS (masa listova = 2,879 g). Varijanta 30 % PVK imala je masu nadzemnog dijela najvišu kod hibrida (masa nadzemnog dijela Luka = 13,733 g), a značajno nižu masu imala je majčinska komponenta (masa nadzemnog dijela Luka/majka = 12,038 g). U odnosu na

roditeljske komponente (masa listova Luka/majka = 2,053 g, masa listova Luka/otac = 2,375 g), hibrid je imao značajno višu masu listova (masa listova Luka = 2,853 g). Varijanta sušnog stresa PVK, prema LSD testu, kod roditeljskih komponenti imala je najveći broj klijanaca (broj klijanaca Luka/majka = 48,125, broj klijanaca Luka/otac = 47,063 g), dok je kod hibrida zabilježeno značajno niži broj klijanaca (broj klijanaca Luka = 44,875 g). Kod varijante bez primiranja, sjeme suncokreta, imalo je manji broj klijanaca u odnosu na druge tretmane sjemena (broj klijanaca bez primiranja = 45,500; H<sub>2</sub>O = 47,083; 500 μM NaHS = 47,083; 1000 μM NaHS = 47,083). Kod hibrida utvrđeno je značajno najviša masa nadzemnog dijela (masa nadzemnog dijela Luka = 44,484 g), a najniža masa nadzemnog dijela imala je očinska komponenta nadzemnog dijela Luka/otac = 28,492 g). U odnosu na roditeljske komponente (masa listova Luka/majka = 6,063 g, masa listova Luka/otac = 6,025 g), masa listova bila je značajno veća u hibrida (masa listova Luka = 7,702 g). Interakcija varijante primiranja i tipa sjemena je kod obje varijante sušnog stresa imala značajan utjecaj od 95 % kod svi ispitivanih komponenti (30 % PVK masa nadzemnog dijela = 0,3080, masa listova = 0,4069, PVK broj klijanaca = 0,4174, masa nadzemnog dijela = 0,333, masa listova = 0,0493), međutim varijanta 30 % PVK nije pokazala značajan utjecaj na broj klijanaca (P= 0,6325).

F test je pokazao da su obje varijante sušnog stresa kod sva tri tipa sjemena imale značajan utjecaj na sve ispitivane parametre (P<0,0001) (Tablica 6). Kod hibrida i kod njegovih roditeljskih komponenti PVK, LSD test je pokazao značajno viši broj klijanaca, mase listova i masu nadzemnog dijela, u odnosu na 30 % PVK. Kod majčinske komponente sjeme bez primiranja je imalo značajno niži broj klijanaca u odnosu na ostale varijante osmoprimiranja sjemena (Luka/majka bez primiranja = 41,000 g; H<sub>2</sub>O = 44,375 g; 500 μM NaHS = 45,375 g; 1000 μM NaHS = 45,375 g). Masa nadzemnog dijela kod majčinske linije najviša je bila pri tretmanu sjemena s 500 i 1000 μM NaHS (500 μM NaHS = 22,854 g; 1000 μM NaHS = 22,756 g), dok je najniža bila kod neprimiranog sjemena (20,029 g). Masa listova je bila najniža kod sjemena koje nije osmoprimirano (3,814 g), dok je najviša masa listova zabilježena kod sjemena osmoprimiranog s 1000 μM NaHS (4,384 g). LSD test je pokazao na razini značajnosti 95 %, da kod očinske komponente najveći broj klijanaca zabilježeno je kod sjemena tretirano 500 μM NaHS (45,750 g), dok je najmanji broj utvrđen kod osmoprimiranog s vodom (43,125 g).

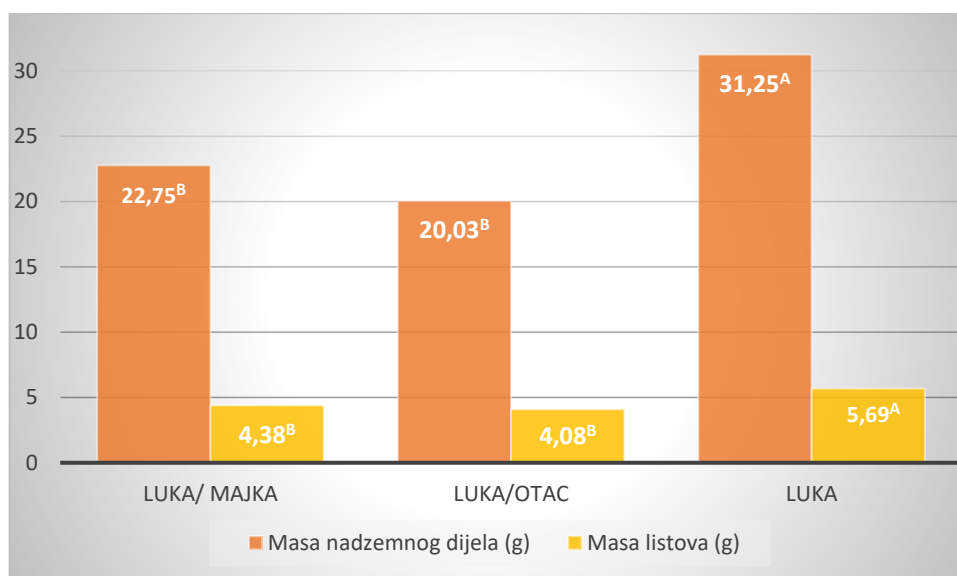
**Tablica 5.** Utjecaj primiranja sjemena (voda, 500  $\mu$ M, 1000  $\mu$ M NaHS) i sušnog stresa (PVK i 30 % PVK) na broj klijanaca, masu nadzemnog dijela (g) i masu listova (g) kod hibrida Luka te njegove majčinske i očinske linije.

|   |                   | <b>Luka/majka</b>  |                           |                    |
|---|-------------------|--------------------|---------------------------|--------------------|
|   |                   | Broj klijanaca     | Masa nadzemnog dijela (g) | Masa listova (g)   |
| <b>Primiranje sjemena</b>               | Bez primiranja    | 41 <sup>b</sup>    | 20,02 <sup>B</sup>        | 3,81 <sup>B</sup>  |
|   | H <sub>2</sub> O  | 44 <sup>AB</sup>   | 21,01 <sup>AB</sup>       | 3,85 <sup>AB</sup> |
|   | 500 $\mu$ M NaHS  | 45 <sup>A</sup>    | 22,85 <sup>A</sup>        | 4,18 <sup>AB</sup> |
|   | 1000 $\mu$ M NaHS | 45 <sup>A</sup>    | 22,75 <sup>A</sup>        | 4,38 <sup>A</sup>  |
| F Test                                  |                   | 4,22               | 4,51                      | 3,64               |
| <i>p</i>                                |                   | <b>0,0156</b>      | <b>0,0121</b>             | <b>0,0270</b>      |
| <b>Sušni stres</b>                      | PVK               | 48 <sup>A</sup>    | 31,28 <sup>A</sup>        | 6,06 <sup>A</sup>  |
|   | 30% PVK           | 39 <sup>B</sup>    | 12,03 <sup>B</sup>        | 2,05 <sup>B</sup>  |
| F Test                                  |                   | 65,75              | 877,49                    | 780,05             |
| <i>p</i>                                |                   | <b>&lt;0,0001</b>  | <b>&lt;0,0001</b>         | <b>&lt;0,0001</b>  |
| <b>Sušni stres x primiranje sjemena</b> |                   | 2,11               | 1,95                      | 2,23               |
|   |                   | 0,1257             | 0,1487                    | 0,1111             |
|   |                   | <b>Luka/otac</b>   |                           |                    |
|   |                   | Broj klijanaca     | Masa nadzemnog dijela (g) | Masa listova (g)   |
| <b>Primiranje sjemena</b>               | Bez primiranja    | 43 <sup>A</sup>    | 20,85 <sup>A</sup>        | 4,15               |
|   | H <sub>2</sub> O  | 43 <sup>A</sup>    | 22,44 <sup>A</sup>        | 4,40               |
|   | 500 $\mu$ M NaHS  | 46 <sup>A</sup>    | 20,65 <sup>A</sup>        | 4,15               |
|   | 1000 $\mu$ M NaHS | 45 <sup>A</sup>    | 20,03 <sup>A</sup>        | 4,08               |
| F Test                                  |                   | 2,43               | 2,78                      | 0,80               |
| <i>p</i>                                |                   | 0,0901             | 0,0630                    | 0,5045             |
| <b>Sušni stres</b>                      | PVK               | 47,06 <sup>A</sup> | 28,49 <sup>A</sup>        | 6,02 <sup>A</sup>  |
|   | 30% PVK           | 41,50 <sup>B</sup> | 13,48 <sup>B</sup>        | 2,37 <sup>B</sup>  |
| F Test                                  |                   | 44,42              | 592,10                    | 541,76             |
| <i>p</i>                                |                   | <b>&lt;0,0001</b>  | <b>&lt;0,0001</b>         | <b>&lt;0,0001</b>  |
| <b>Sušni stres x primiranje sjemena</b> |                   | 1,23               | 3,67                      | 4,31               |
|   |                   | 0,3199             | <b>0,0262</b>             | <b>0,0144</b>      |
|   |                   | <b>Luka</b>        |                           |                    |
|   |                   | Broj klijanaca     | Masa nadzemnog dijela (g) | Masa listova (g)   |
| <b>Primiranje sjemena</b>               | Bez primiranja    | 40 <sup>B</sup>    | 28,35 <sup>A</sup>        | 5,33 <sup>AB</sup> |
|   | H <sub>2</sub> O  | 43 <sup>AB</sup>   | 27,35 <sup>A</sup>        | 4,91 <sup>B</sup>  |
|   | 500 $\mu$ M NaHS  | 42 <sup>AB</sup>   | 29,48 <sup>A</sup>        | 5,16 <sup>AB</sup> |
|   | 1000 $\mu$ M NaHS | 44 <sup>A</sup>    | 31,25 <sup>A</sup>        | 5,69 <sup>A</sup>  |
| F Test                                  |                   | 2,75               | 2,11                      | 3,43               |
| <i>p</i>                                |                   | 0,0649             | 0,1254                    | <b>0,0331</b>      |
| <b>Sušni stres</b>                      | PVK               | 44,87 <sup>A</sup> | 44,48 <sup>A</sup>        | 7,70 <sup>A</sup>  |
|   | 30% PVK           | 39,31 <sup>B</sup> | 13,73 <sup>B</sup>        | 2,85 <sup>B</sup>  |
| F Test                                  |                   | 27,10              | 709,17                    | 756,67             |
| <i>p</i>                                |                   | <b>&lt;0,0001</b>  | <b>&lt;0,0001</b>         | <b>&lt;0,0001</b>  |
| <b>Sušni stres x primiranje sjemena</b> |                   | 0,24               | 0,72                      | 0,81               |
|   |                   | 0,8672             | 0,5488                    | 0,5017             |

Na istom stupnju značajnosti masa nadzemnog dijela bila je najviša kod sjemena osmoprimiranog s vodom (22,445 g), dok je najniže razina zabilježena kod tretmana s 1000  $\mu$ M NaHS (20,035 g). Pri razini značajnosti 99 % na broj klijanaca kod hibrida Luke najveći utjecaj je imalo osmoprimiranje sjemena s 1000  $\mu$ M NaHS (44,000), dok je najmanji broj zabilježen kod sjemena bez primiranja (39,750). Na istoj razini značajnosti na masu listova je najviše utjecao tretman sjemena s 1000  $\mu$ M NaHS (5,694 g), dok je najmanji utjecaj bio kod sjemena osmoprimiranog s vodom (4,916 g). Najveći utjecaj osmoprimiranja na masu nadzemnog dijela na razini značajnosti 95 % je imao tretman s 1000  $\mu$ M NaHS (31,253 g), dok je najmanji utjecaj bio kod sjemena osmoprimiranog s vodom (27,354 g). Osmoprimiranje sjemena s 1000  $\mu$ M NaHS, pri razini značajnosti od 99 %, imalo je najveći utjecaj na broj klijanaca kod hibrida (44), dok je najmanji broj utvrđen kod sjemena bez primiranja. S istom razinom značajnosti, tretman sjemena s 1000  $\mu$ M NaHS (5,694 g) imao je najveći utjecaj, dok je najmanji utjecaj imao tretman osmoprimiranja s vodom (4,916 g). Najveći utjecaj osmoprimiranja na masu nadzemnog dijela na razini značajnosti 95 % je imao tretman s 1000  $\mu$ M NaHS (31,253 g), dok je najmanji utjecaj bio kod sjemena osmoprimiranog s vodom (27,354 g). Interakcija obje varijante sušnog stresa i sve četiri varijante primiranja sjemena nisu pokazale statistički značajni utjecaj niti na jedan ispitivani parametar.

## 5. RASPRAVA

Provedenim istraživanjem ispitan je utjecaj osmoprimiranja na klijance suncokreta, te utvrditi da li postoje značajne razlike u pokazateljima početnog porasta klijanaca suncokreta kod hibrida *Luka* te njegove majčinske i očinske linije nakon osmoprimiranja sjemena različitim koncentracijama natrij hidrogen sulfida (NaHS).



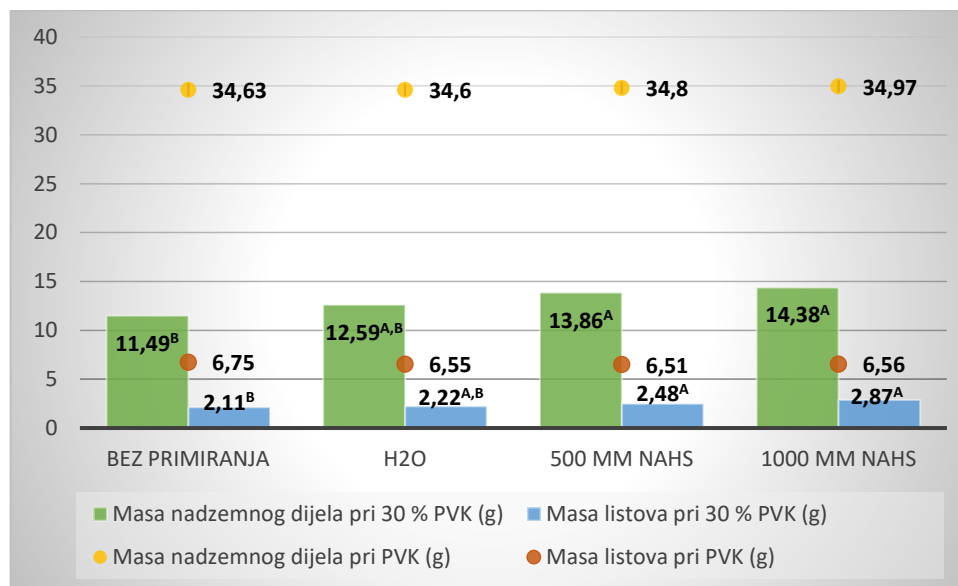
**Grafikon 1.** Masa nadzemnog dijela i listova u prosjeku za obje varijante sušnog stresa kod klijanaca dobivenih od sjemena suncokreta osmoprimiranog sa 1000  $\mu\text{M}$  NaHS

Masa nadzemnog dijela kod klijanaca hibrida Luke bila je za 27 % veća od mase utvrđene kod majčinske linije te za 35 % veća od mase nadzemnog dijela kod očinske linije, koje su se međusobno razlikovale za 12 % u navedenom parametru (Grafikon 1). Isti je trend imala i masa listova te je kod hibrida Luke bila 23 % odnosno 28 % veća od majčinske i očinske linije. Ovo je očekivani trend pošto se radi o „*inbreed*“ linija te hibridu koji je i ciljano oplemenjivan na svojstva bržeg i jačeg porasta. Međutim bitno je napomenuti da čak i predstjetveni tretman sjemena u 1000  $\mu\text{M}$  otopini NaHS nije inhibitorno djelovao na klijanje, bez obzira što se radi o relativno visokoj koncentraciji.

Dooley i sur. (2013.) su istraživali stimulativni utjecaj niskih koncentracija otopine koja sadrži  $\text{H}_2\text{S}$  način na povećanje rasta biljaka, izlaganjem korijena i sjemena višestaničnih biljaka izrazito niskim koncentracijama otopljenog sumporovodika (10  $\mu\text{M}$ , 100  $\mu\text{M}$ , 500  $\mu\text{M}$ , 1000  $\mu\text{M}$  tekućeg sumporovodika) kroz različite faze rasta. Došli su do

zaključka da H<sub>2</sub>S povećava biomasu te povećava prinos. Pojedinačne stanice kod tretiranih biljaka su bile manje (13 %) od kontrolnih biljaka. Navedeni tretmani sumporovodikom smanjili su vrijeme klijanja te povećali ukupnu klijavost i veličinu klijanaca kod graha, kukuruza, pšenice i graška. Ovi nalazi pokazali su važnu ulogu H<sub>2</sub>S kao signalizacije molekule koja može povećati brzinu rasta i efektivnost klijanja kod svih ispitivanih vrsta agrikulturnih biljaka.

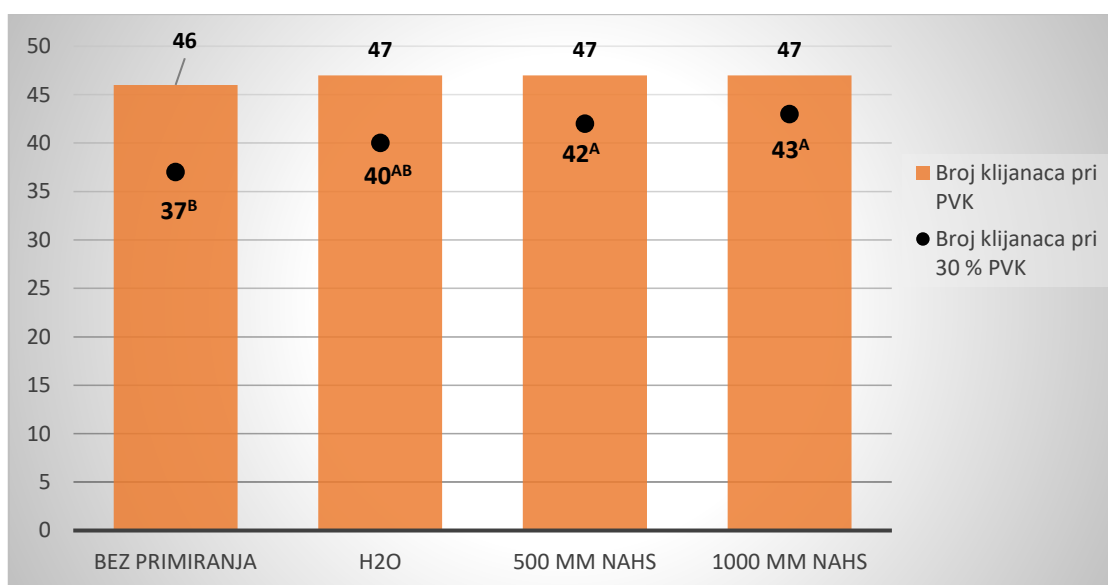
Kod sjemena suncokreta koje je primirano otopinom NaHS koncentracije 1000 μM, masa nadzemnog dijela, iznosila je 14,38 g te je bila veća od mase nadzemnog dijela kod kontrolnih biljaka za 20 % i 12 % veća od mase nadzemnog dijela klijanaca dobivenih iz sjemena prethodno imbibiranog u vodi te 3 % veća od klijanaca čije je sjeme imbibirano u 500 μM NaHS (Grafikon 2). Masa nadzemnog dijela i masa listova pri 30 % PVK očekivano je manja od mase nadzemnog dijela i mase listova pri punom poljskom vodenom kapacitetu u prosjeku za sva tri tipa sjemena. Kod klijanaca čije sjeme je imbibirano s 1000 μM otopinom NaHS, masa listova pri 30 % PVK bila je veća u odnosu na kontrolne biljke za 26 %, 13 % veća u odnosu na 500 μM, 22 % veća u odnosu na vodu. Dobiveni rezultati ukazuju na pozitivni utjecaj primijenjenih tretmana na povećanje biomase mladih klijanaca u uvjetima sušnog stresa, odnosno deficita vode u tlu.



**Grafikon 2.** Masa nadzemnog dijela i listova u prosjeku za sva tri tipa sjemena kod klijanaca uzgajanih pri 30 % PVK i PVK

Zhang i sur. (2009.) su u svojim istraživanjima ispitivali učinak NaHS na klijanje i antioksidativni status u pšenici (*Triticum aestivum* L.) čije je sjeme bilo izloženo osmotskom stresu. Autori dokazuju da povećanjem osmotskog stresa, klijavost sjemena postupno opada. Da bi dokazali da je pozitivan efekt na rast i klijanje rezultat djelovanje sumporovodika a ne nekog drugog kemijskog spoja, odnosno aniona ili kationa, autori su ispitivali i pojedinačni učinak  $\text{Na}^+$  i  $\text{S}^{2-}$ . Rezultati dokazuju da pozitivan efekt sumporovodika ovisi o koncentracijama. Osim toga, autori su dokazali da je upravo sumporovodik generiran iz NaHS, spoj koji ima zaštitnu ulogu u uvjetima sušnog stresa jer je takav efekat izostao kod tretmana gdje je korišten  $\text{Na}^+$  ili  $\text{S}^{2-}$ . NaHS je u kombinaciji s PEG-om pojačao aktivnost amilaze, esteraze, katalaze i askorbat peroksidaze te smanjio akumulaciju vodikovog peroksida i malondialdehida u sjemenu, kao produkta lipidne peroksidacije. Nasuprot tome, aktivnost lipoksigenaze je značajno smanjena što upućuje na višestruku, složenu zaštitnu ulogu ovog spoja u uvjetima osmotskog stresa.

Broj izniklih biljaka naklijavanih pri PVK je bio jednak pri svim tretmanima primiranja (47 biljaka) te se nije značajno razlikovao od kontrole, sjemena koje nije bilo primirano prije naklijavanja (46 klijanaca) (Grafikon 3).



**Grafikon 3.** Broj izniklih biljaka u prosjeku za sva tri tipa sjemena pri 30 % PVK i PVK

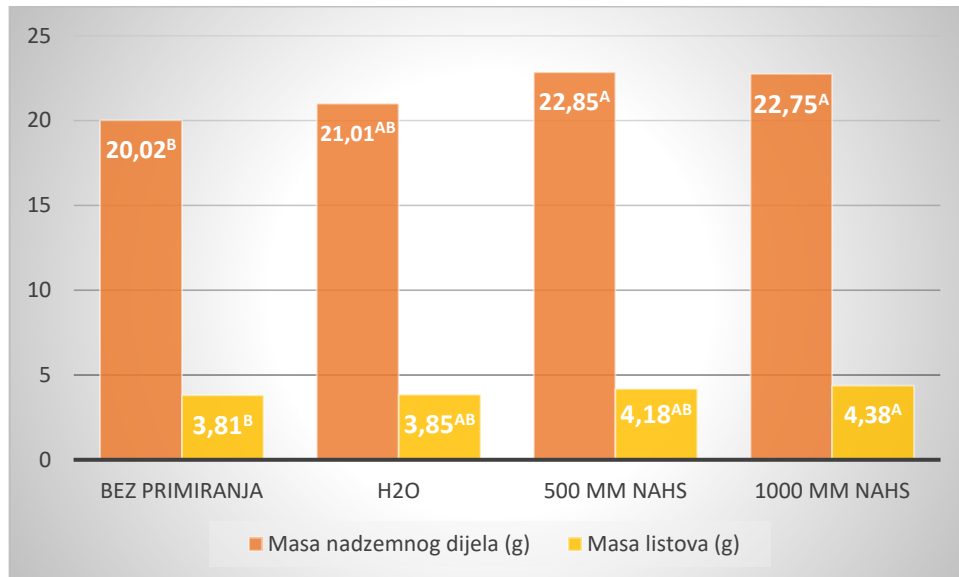


Broj klijanaca pri 30 % PVK znatno je manji od broja klijanaca pri PVK. Najviše izniklih biljaka utvrđeno je kod sjemena tretiranog s 1000  $\mu\text{M}$  NaHS i naklijavanog pri PVK. Također, tretmani s NaHS su povećali poljsku klijavost kod biljaka uzgajanih u uvjetima sušnog stresa s tendencijom porasta klijavosti povećanjem koncentracije NaHS. Tako je pri tretmanu s 1000  $\mu\text{M}$  NaHS klijavost u uvjetima sušnog stresa bila samo 8,5 % manja od klijavosti pri PVK. Kod sjemena koje nije tretirano, razlika u klijavosti između PVK i 30 % PVK je bila čak 20 %. Iz navedenih rezultata vidljivo je da primiranje, a naročito primiranje s NaHS, smanjuje negativni utjecaj sušnog stresa na smanjenje klijavosti.

Shi i sur. (2013.) su istraživali utjecaj donora sumporovodika NaHS na povećanje tolerancija na više tipova abiotskog stresa kod prstastog troskota (*Cynodon dactylon* L.). U istraživanjima je ispitivan solni stres izazvan primjenom 150 i 300 mM otopine NaCl, osmotski stres induciran s 15 % i 30 % otopinom PEG 6000 i hladni stres gdje su biljke uzgajane pri 4 °C. Svi stresni tretmani su inducirali nakupljanje endogenog  $\text{H}_2\text{S}$ , što ukazuje da  $\text{H}_2\text{S}$  ima ulogu u reakcijama na solni, osmotski i hladni stres. Egzogeno primjena natrijevog hidrosulfida rezultirala je povećanom tolerancijom na sve tipove induciranog stresa, a što se očitovalo kroz smanjenje ispiranja elektrolita i povećanom stopom preživljavanja u navedenim uvjetima. Osim toga tretman NaHS-om je umanjio sadržaj reaktivnih kisikovih jedinki (ROS) koje su produkt oštećenja stanica te funkcionalnih i strukturnih molekula i čija se akumulacija povećava uslijed abiotskog stresa. Utvrđen je pozitivan učinak NaHS na modulaciju metaboličke funkcije nekoliko antioksidativnih enzima katalaze (CAT), peroksidaze (POD) i GR (glutation-reduktaze) i neenzimatskih produkata sa antioksidativnim djelovanjem poput glutathiona te ukupnu antioksidativnu aktivnost i redoks potencijal stanice. Nadalje, tretman NaHS-om je rezultirao nakupljanjem osmolita kao što su prolin, saharoza i topljivi oblici šećera kod biljkama u uvjetima stresa. Autori zaključuju da  $\text{H}_2\text{S}$  ima zaštitnu ulogu u reakcijama (*Cynodon dactylon* L.) na sva tri tipa stresa, putem aktiviranja antioksidacijskog odgovora i nakupljanju osmolita.

Masa nadzemnog dijela biljke bila je najveća kod klijanaca uzgojenih iz sjemena primiranog u otopinama s 500 i 1000  $\mu\text{M}$  NaHS koje se međusobno nisu značajno razlikovale, ali su u prosjeku bile 8 % veća u usporedbi s tretmanom hidroprimiranja i čak 12 % veća od mase klijanaca dobivenih iz ne primiranog sjemena (Grafikon 4). Najmanja masa listova je također utvrđena kod ne primiranih biljaka te je bila u

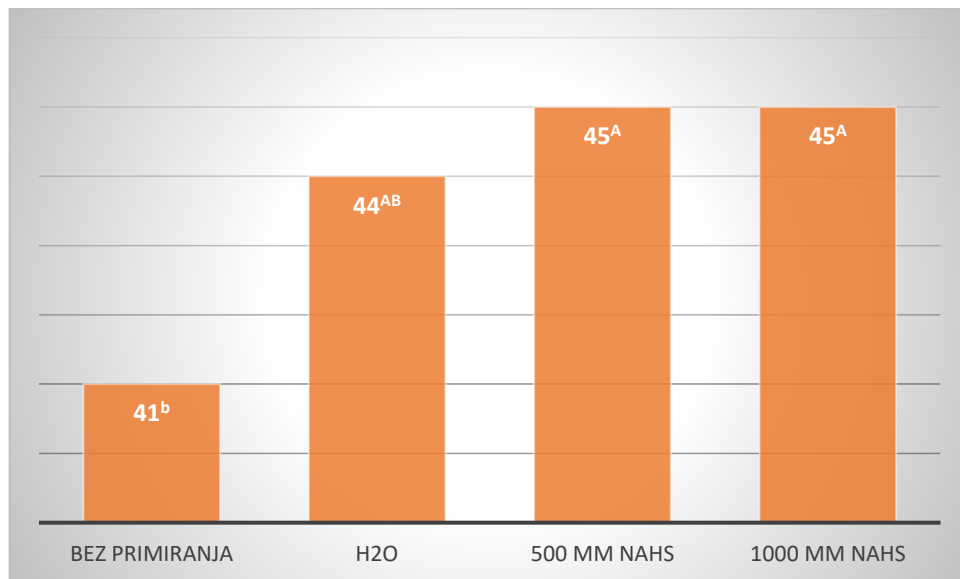
prosijeku 13 % manja od mase listova utvrđene pri tretmanima s NaHS, što opet upućuje na stimulativnu ulogu ovog donora sumporovodika koja rezultira povećanjem osnovnih pokazatelja rasta.



**Grafikon 4.** Luka/majka - masa nadzemnog dijela i masa listova u prosjeku za obje varijante sušnog stresa

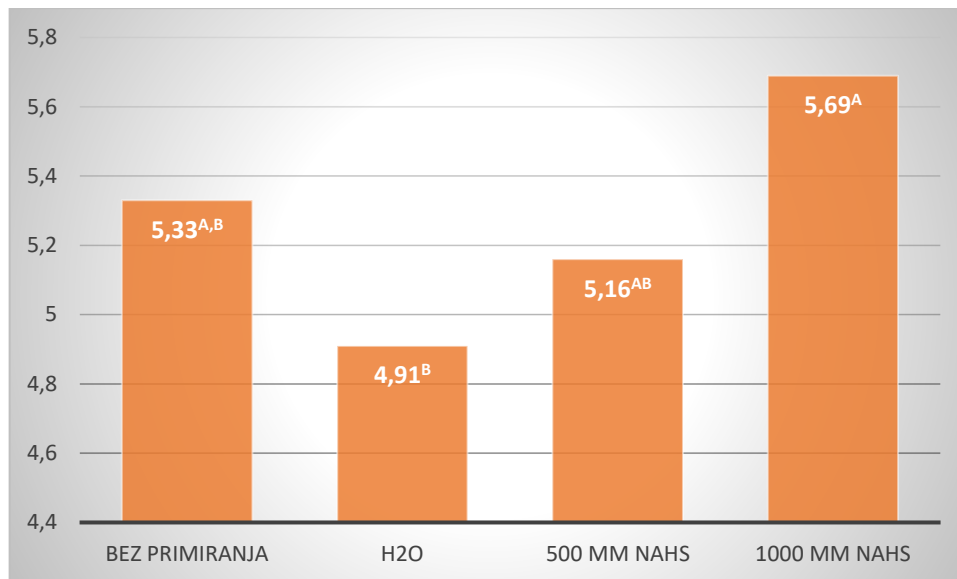
Baudouin i sur. (2016.) su istraživali moguću regulatornu ulogu H<sub>2</sub>S pri klijanju sjemena *Arabidopsis*. Autori navode kako NaHS odgađa klijanje sjemena ovisno o dozi te nisu bili učinkoviti u prekidu dormancije sjemena. Endogeni sadržaj H<sub>2</sub>S je povećan pri klijanju sjemena. To povećanje je u svezi s povećanom aktivnošću tri enzima koji sudjeluju u produkciji sumporovodika u biljkama, L-cistein desulfidraza, D-cistein desulfhidraza i β -cijanoalanin sintaza. Autori su dokazali da primjena hipotaurina koji uklanja H<sub>2</sub>S te propailglicina koji inhibira aktivnost enzima D/L cistein desulfidraze, značajno odgađa klijanje sjemena. Analizirali su klijavost sjemenki kod mutanta *Atdes1* koji nema izraženu aktivnost citoplazmatske L-cistein desulfidraze. Iako sjemenke navedenog mutanta ne produciraju endogeni H<sub>2</sub>S uslijed klijanja, sjeme je zadržalo sličnu sposobnost klijanja kao i sjeme divljih vrsta. Osim toga, sjeme mutanta *des1* je reagiralo slično na temperaturu i abscizinsku kiselinu kao i sjeme divljih vrsta. Na temelju rezultata istraživanja autori navode da H<sub>2</sub>S, iako je njegova sinteza povećana u procesima klijanja, ako ima ikakvu, ima marginalnu ulogu u regulaciji klijanja sjemena u standardnim uvjetima.

Majčinska linija hibrida Luke pri 30 % PVK imala je jednak broj izniklih biljaka iz sjemena primiranog u otopinama koje su sadržavale 500 i 1000  $\mu\text{M}$  NaHS, dok je kod sjemena primiranog u vodi, klijavost bila samo 2 % manja u usporedbi s prethodno spoemnutim tretmanima s NaHS-om (Grafikon 5). Sjeme majčinske linije koje nije bilo prethodno imbibirano imalo je 8 % manju klijavost u usporedbi s tretmanima primiranjem što upućuje na pozitivni efekt imbibicije prije sjetve, naročito ako se radi o nepovoljnim uvjetima kao što je nedostatak vode u tlu.



**Grafikon 5.** Broj izniklih biljaka kod majčinske linije hibrida Luka pri 30 % PVK

Kod hibrida Luka, u prosjeku za obje varijante sušnog stresa, utvrđeno je povećanje mase listova pri tretmanu s najvećom koncentracijom NaHS za 9 % u odnosu na tretman u 500  $\mu\text{M}$  NaHS. Kod sjemena primiranog u vodi masa listova je bila za 13 % niža od one utvrđene pri 1000  $\mu\text{M}$  NaHS dok su biljke uzgojene iz sjemena bez prethodnog primiranja imale samo 6 % nižu masu. Navedene vrijednosti su prosjek za obje varijante sušnog stresa te je pojedinačni pozitivni efekt imbibicije izraženiji u uvjetima nedostatka vode u tlu, što je vidljivo iz prethodnih prikaza podataka.



**Grafikon 6.** Hibrid Luka - masa listova u prosjeku za obje varijante sušnog stresa

Christou i sur. (2013.) su istraživali učinak donora sumporovodika NaHS (100  $\mu$ M tijekom 48 sati) apliciranim u zonu korijena u hranjivu otopini, u kojoj su uzgajali biljke jagode (*Fragaria*  $\times$  *ananassa* cv. Camarosa). Autori smatraju da tretman sumporovodikom može imati dugotrajni pozitivni učinak primiranja i povećati toleranciju na naknadno izlaganje biljaka solnom odnosno osmotskom stresu, izazvanom apliciranjem 100 mM NaCl ili 10 % PEG-6000 tijekom 7 dana. Rezultati su pokazali da je tretman korijena sumporovodikom rezultirao povećanjem fluorescencije klorofila u listu, povećanjem provodljivosti puči, većim realativnim sadržajem vode u lišću, kao i nižim razinama peroksidacije lipida u usporedbi s biljkama koje su izravno podvrgnute solnom i neionskom osmotskom stresu. Na temelju rezultat autori sugeriraju da sumporovodik sistemski ublažuje negativni učinak abiotskog stresa koje rezultira staničnim, fiziološkim i metaboličkim oštećenjima. Aplikacija sumporovodika u zoni korijena rezultirala je smanjenjem oksidativnog i nitroznog stresa u biljkama jagoda, što se očitovalo smanjenjem sinteze NO i H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> u lišću i održavanjem visokog redoks potencijala kroz povećanje sinteze askorbata i glutathiona. Kvantitativna analiza ekspresije gena ključnih u produkciji enzima uključenih u antioksidativni odgovor, (cAPX, CAT, MnSOD, GR), te biosinteza askorbata i glutathion-a (GCS, GDH, GS), faktora transkripcije (DREB) kao gena koji sudjeluju u odgovoru na solni stres (SOS – Salt Overlay Sensitive), sugeriraju da H<sub>2</sub>S ima ključnu ulogu u koordiniranoj regulaciji

više transkripcijskih putova. Autori zaključuju da biljke koje su prethodno tretirane H<sub>2</sub>S uspijevaju prevladati štetne učinke solnog i neionskog osmotskog stresa povećanjem kontrole oksidacijskih i nitroznih oštećenja staničnih molekularnih struktura i funkcija, povećanom aktivnošću antioksidacijskih mehanizama i koordiniranom regulacijom SOS puta, kao genetskog odgovora na solni stres.

## 6. ZAKLJUČAK

1. Bez obzira na tip sjemena suncokreta (hibrid, majčinska i očinska linija), sušni stres je u prosjeku za sve predstetvene tretmane sjemena, smanjio masu nadzemnog dijela, masu listova te broj klijanaca.
2. U prosjeku za obje varijante sušnog stresa, predstetveni tretman sjemena kod hibrida Luke, primiranog u otopini 1000  $\mu\text{M}$  NaHS rezultirao je značajno većom masom nadzemnog dijela i listova u usporedbi sa njegovim majčinskom i očinskom linijom.
3. U uvjetima punog PVK, biljke suncokreta su zadržale klijavost bez obzira na predstetveni tretman sjemena, međutim, pri sušnom stresu kod 30 % PVK, utvrđen je značajan pozitivan efekt tretmana donatorom sumporovodika, na povećanje broja izniklih biljaka.
4. Kod majčinske linije utvrđen je značajno veći broj izniklih biljaka pri svim varijantama primiranja sjemena u usporedbi s netretiranom kontrolom.
5. U prosjeku za sve ispitivane varijante sušnog stresa i tipove sjemena, primiranje otopinom NaHS koncentracije 1000  $\mu\text{M}$ , pozitivno utječe na povećanje pokazatelja raasta kod mladih klijanaca suncokreta.

## 7. POPIS LITERATURE

1. Bailly, C., Benamar, A., Corbineau, F., Côme, D. (2000). Antioxidant systems in sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeds as affected by priming. *Seed Science Research*, 10(1), 35-42.
2. Bajehbaj, A. A. (2010). The effects of NaCl priming on salt tolerance in sunflower germination and seedling grown under salinity conditions. *African Journal of Biotechnology*, 9(12).
3. Baudouin, E., Poilevey, A., Hewage, N. I., Cochet, F., Puyaubert, J., Bailly, C. (2016). The significance of hydrogen sulfide for *Arabidopsis* seed germination. *Frontiers in plant science*, 7, 930.
4. Christou, A., Manganaris, G. A., Papadopoulos, I., Fotopoulos, V. (2013). Hydrogen sulfide induces systemic tolerance to salinity and non-ionic osmotic stress in strawberry plants through modification of reactive species biosynthesis and transcriptional regulation of multiple defence pathways. *Journal of experimental botany*, 64(7), 1953-1966.
5. Di Cagno, R., Guidi, L., Stefani, A., Soldatini, G. F. (1999). Effects of cadmium on growth of *Helianthus annuus* seedlings: physiological aspects. *The New Phytologist*, 144(1), 65-71.
6. Dooley, F. D., Nair, S. P., Ward, P. D. (2013). Increased growth and germination success in plants following hydrogen sulfide administration. *Plos one*, 8(4), e62048.
7. Everard, J. D., Drew, M. C. (1989). Water Relations of Sunflower (*Helianthus annuus*) Shoots during Exposure of the Root. *Journal of Experimental Botany*, 40(11), 1255-1264.
8. Hussain, M., Farooq, M., Basra, S. M., Ahmad, N. (2006). Influence of seed priming techniques on the seedling establishment, yield and quality of hybrid sunflower. *International Journal of Agriculture and Biology*, 8(1), 14-18.
9. Jan, A. U., Hadi, F. (2015). Potassium, zinc and gibberellic acid foliar application enhanced salinity stress tolerance, proline and total phenolic in

- sunflower (*Helianthus annuus* L.). *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 15(9), 1835-1844.
10. Kaya, M. D., Okçu, G., Atak, M., Cıkılı, Y., Kolsarıcı, Ö. (2006). Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *European journal of agronomy*, 24(4), 291-295.
  11. Krizmanić, M., Mijić, A., Liović, I., Bilandžić, M., Duvnjak, T. (2006). Sunflower breeding at the agricultural institute osijek/selección de girasol en el instituto agrícola de osijek/culture du tournesol à l'institut d'agriculture d'osijek. *Helia*, 29(44), 153-158.
  12. Sadeghi, H., Khazaei, F., Yari, L., Sheidaei, S. (2011). Effect of seed osmopriming on seed germination behavior and vigor of soybean (*Glycine max* L.). *ARPN Journal of Agricultural and Biological Science*, 6(1), 39-43.
  13. Shi, H., Ye, T., Chan, Z. (2013). Exogenous application of hydrogen sulfide donor sodium hydrosulfide enhanced multiple abiotic stress tolerance in bermudagrass (*Cynodon dactylon* (L.) Pers.). *Plant Physiology and Biochemistry*, 71, 226-234.
  14. Singh, N. B., Singh, D., Singh, A. (2015). Biological seed priming mitigates the effects of water stress in sunflower seedlings. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 21(2), 207-214.
  15. Ucak, A. B., Gencolglan, C., Abdullah, C., Inal, B. (2017). identification of drought resistant sunflower genotypes (*Helianthus annuus* L.). *Fresenius Environmental Bulletin*, 26(11), 6780-6790.
  16. Zhang, H., Wang, M., Hu, L.Y., Wang, S.H., Hu, K., Bao, L.J., Luo, J.P. (2010). Hydrogen sulfide promotes wheat seed germination under osmotic stress. *Russian Journal of Plant Physiology*, 57, 532-539.

**Internet stranica:**

1. <https://www.plantea.com.hr/suncokret/> Pristupljeno: 26.09.2019.



## 8. SAŽETAK

Sve veći broj dokaza potvrđuje da sumporovodik ( $H_2S$ ) u niskim, fiziološkim koncentracijama pozitivno djeluje na metabolizam u biljnim stanicama.  $H_2S$  utječe na mehanizme regulacije gibanja puči, potiče rast adventivnog korijenja te pojačava otpornost biljaka u uvjetima abiotskog i biotskog stresa. U istraživanju je ispitana otpornost mladih klijanaca suncokreta (*Helianthus annuus* L.) hibrida „Luka“ te njegove očinske i majčinske linije, na stres izazvan nedostatkom vode u tlu pri poljskom vodnom kapacitetu (PVK) i 30 % PVK. Sjeme suncokreta je prije sjetve osmoprimirano u otopinama NaHS, 500  $\mu M$  i 1000  $\mu M$  te vodi, a za kontrolu je korišteno sjeme bez prethodne imbibicije. Analizirani su sljedeći parametri rasta: broj klijanaca, masa nadzemnog dijela i masa listova. Rezultati ispitivanih parametara ukazuju da, bez obzira na tip sjemena i varijantu osmoprimiranja, sušni stres u prosjeku smanjuje broj izniklih biljaka, masu nadzemnog dijela te masu listova. Osmoprimiranje otopinama NaHS je rezultiralo pozitivnim efektom na povećanje analiziranih pokazatelja rasta i kod klijanaca uzgajanih pri PVK ali i u uvjetima sušnog stresa. Utvrđen je različit efekt osmoprimiranja i nedostatka vode na mlade klijance, koji je ovisio o tipu ispitivanog sjemena. Dobiveni rezultati upućuju da učinak osmoprimiranja sjemena i otpornost na sušni stres također ovise o genetskoj osnovi. Zbog sve većeg problema s nedostatkom vode u poljoprivrednoj proizvodnji na globalnoj razini, istraživanja koja se bave fiziološkim efektima spojeva, poput NaHS-a, koji se također koristi i kao fungicid, od velikog su značaja u povećanju otpornosti biljaka na stres izazvan biotskim i abiotskim faktorima okoline.

**Ključne riječi:** sumporovodik, NaHS, sušni stres, suncokret

## 9. SUMMARY

A growing body of evidence confirms that hydrogen sulfide (H<sub>2</sub>S) at low, physiological concentrations has a positive effect on metabolism in plant cells. H<sub>2</sub>S affects the mechanisms of regulation of stomata movement, promotes the growth of adventitious roots, and enhances plant resistance under conditions of abiotic and biotic stress. The study examined the resistance of young sunflower (*Helianthus annuus* L.) seedlings of hybrid "Luka" and its paternal and maternal lines to the stress caused by lack of soil water at water retention capacity (WRC) and 30 % WRC. Before sowing, sunflower seeds were osmoprimed in NaHS solutions, 500 μM and 1000 μM lead, and non osmoprimed seed was used for control. The following growth parameters were analyzed: number of seedlings, weight of aboveground part and weight of leaves. The results of the tested parameters indicate that, regardless of seed type and variant of osmopriming, in average, dry stress decreased the number of emerged plants, the weight of the aboveground part and the leaves. Osmopriming with NaHS solutions resulted in a positive effect on the increase of the analyzed growth indicators both in seedlings grown under WRC and under conditions of drought stress. A different effect of osmopriming and water deficiency on young seedlings was determined, which was dependent on the type of seed tested. The results obtained, indicate that the effect of seed osmopriming and resistance to drought stress also depends on the genetic basis. Due to the increasing problem of water scarcity in agricultural production globally, studies addressing the physiological effects of compounds such as NaHS, which is also used as a fungicide, are of great importance in increasing the resistance of plants, caused by both, biotic and abiotic environmental factors.

**Key words:** hydrogen sulfide, sodium hydrosulfide, drought stress, sunflower

## 11. POPIS TABLICA

**Tablica 1.** Sistematika suncokreta (*Helianthus annuus* L.) (Stranica 1.)

**Tablica 2.** Utjecaj primiranja sjemena (voda, 500  $\mu$ M, 1000  $\mu$ M NaHS), sušnog stresa (PVK i 30 % PVK) i linije odnosno hibrida suncokreta na broj klijanaca, masu nadzemnog dijela (g) i masu listova (g). (Stranica 10.)

**Tablica 3.** Utjecaj sušnog stresa (PVK i 30 % PVK) i linije odnosno hibrida, na broj klijanaca, masu nadzemnog dijela (g) i masu listova (g) kod suncokreta čije je sjeme primirano u vodi, 500  $\mu$ M i 1000  $\mu$ M otopini NaHS. (Stranica 12.)

**Tablica 4.** Utjecaj primiranja (voda, 500  $\mu$ M, 1000  $\mu$ M NaHS) i linije odnosno hibrida, na broj klijanaca, masu nadzemnog dijela (g) i masu listova (g) kod suncokreta čije je sjeme uzgajano pri PVK i 30 % PVK. (Stranica 14.)

**Tablica 5.** Utjecaj primiranja sjemena (voda, 500  $\mu$ M, 1000  $\mu$ M NaHS) i sušnog stresa (PVK i 30 % PVK) na broj klijanaca, masu nadzemnog dijela (g) i masu listova (g) kod hibrida Luka te njegove majčinske i očinske linije. (Stranica 17.)

## **12. POPIS SLIKA**

**Slika 1.** Učinak primiranja NaCl-a na klijanje sjemena četiri kultivara u uvjetima solnog stresa (Stranica 6.)

### **13. POPIS GRAFIKONA**

**Grafikon 1.** Masa nadzemnog dijela i listova u prosjeku za obje varijante sušnog stresa kod klijanaca dobivenih od sjemena suncokreta osmoprimiranog sa 1000  $\mu\text{M}$  NaHS (Stranica 18.)

**Grafikon 2.** Masa nadzemnog dijela i listova u prosjeku za sva tri tipa sjemena kod klijanaca uzgajanih pri 30 % PVK i PVK (Stranica 19.)

**Grafikon 3.** Broj izniklih biljaka u prosjeku za sva tri tipa sjemena pri 30 % PVK i PVK (Stranica 20.)

**Grafikon 4. Grafikon 4.** Luka/majka - masa nadzemnog dijela i masa listova u prosjeku za obje varijante sušnog stresa (Stranica 22.)

**Grafikon 5.** Broj izniklih biljaka kod majčinske linije hibrida Luka pri 30 % PVK (Stranica 23.)

**Grafikon 6.** Hibrid Luka - masa listova u prosjeku za obje varijante sušnog stresa (Stranica 24.)

# TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku  
Fakultet agrobiotehničkih znanosti Osijek  
Sveučilišni diplomski studij, Povrćarstvo i cvjećarstvo

Diplomski rad

Utjecaj osmoprimanja i nedostatka vode na pokazatelje rasta kod klijanaca suncokreta

David Petek

## Sažetak:

Sve veći broj dokaza potvrđuje da sumporovodik ( $H_2S$ ) u niskim, fiziološkim koncentracijama pozitivno djeluje na metabolizam u biljnim stanicama.  $H_2S$  utječe na mehanizme regulacije gibanja puči, potiče rast adventivnog korijenja te pojačava otpornost biljaka u uvjetima abiotskog i biotskog stresa. U istraživanju je ispitana otpornost mladih klijanaca suncokreta (*Helianthus annuus* L.) hibrida „Luka“ te njegove očinske i majčinske linije, na stres izazvan nedostatkom vode u tlu pri poljskom vodnom kapacitetu (PVK) i 30 % PVK. Sjeme suncokreta je prije sjetve osmoprimirano u otopinama NaHS, 500  $\mu M$  i 1000  $\mu M$  te vodi, a za kontrolu je korišteno sjeme bez prethodne imbibicije. Analizirani su sljedeći parametri rasta: broj klijanaca, masa nadzemnog dijela i masa listova. Rezultati ispitivanih parametara ukazuju da, bez obzira na tip sjemena i varijantu osmoprimiranja, sušni stres u prosjeku smanjuje broj izniklih biljaka, masu nadzemnog dijela te masu listova. Osmoprimiranje otopinama NaHS je rezultiralo pozitivnim efektom na povećanje analiziranih pokazatelja rasta i kod klijanaca uzgajanih pri PVK ali i u uvjetima sušnog stresa. Utvrđen je različit efekt osmoprimiranja i nedostatka vode na mlade klijance, koji je ovisio o tipu ispitivanog sjemena. Dobiveni rezultati upućuju da učinak osmoprimiranja sjemena i otpornost na sušni stres također ovise o genetskoj osnovi. Zbog sve većeg problema s nedostatkom vode u poljoprivrednoj proizvodnji na globalnoj razini, istraživanja koja se bave fiziološkim efektima spojeva, poput NaHS-a, koji se također koristi i kao fungicid, od velikog su značaja u povećanju otpornosti biljaka na stres izazvan biotskim i abiotskim faktorima okoline.

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

**Mentor:** izv. prof.dr.sc. Miroslav Lisjak

**Broj stranica:** 33

**Broj grafikona i slika:** 7

**Broj tablica:** 5

**Broj literaturnih navoda:** 16

**Broj priloga:** 0

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Ključne riječi:** sumporovodik, NaHS, sušni stres, suncokret

**Datum obrane:**

**Stručno povjerenstvo za obranu:**

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

**Rad je pohranjen u:** Knjižnica Poljoprivrednog fakulteta u Osijeku, Sveučilištu u Osijeku, Vladimira Preloga 1.

# BASIC DOCUMENTATION CARD

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek  
Faculty of Agrobiotechnical sciences Osijek  
University Graduate Studies, Vegetable and flower growing

Graduate thesis

Influence of seed osmopriming and water deficiency on growth parameters of sunflower seedlings

David Petek

## Summary:

A growing body of evidence confirms that hydrogen sulfide (H<sub>2</sub>S) at low, physiological concentrations has a positive effect on metabolism in plant cells. H<sub>2</sub>S affects the mechanisms of regulation of stomata movement, promotes the growth of adventitious roots, and enhances plant resistance under conditions of abiotic and biotic stress. The study examined the resistance of young sunflower (*Helianthus annuus* L.) seedlings of hybrid "Luka" and its paternal and maternal lines to the stress caused by lack of soil water at water retention capacity (WRC) and 30% WRC. Before sowing, sunflower seeds were osmoprimed in NaHS solutions, 500 μM and 1000 μM lead, and non osmoprimed seed was used for control. The following growth parameters were analyzed: number of seedlings, weight of aboveground part and weight of leaves. The results of the tested parameters indicate that, regardless of seed type and variant of osmopriming, in average, dry stress decreased the number of emerged plants, the weight of the aboveground part and the leaves. Osmopriming with NaHS solutions resulted in a positive effect on the increase of the analyzed growth indicators both in seedlings grown under WRC and under conditions of drought stress. A different effect of osmopriming and water deficiency on young seedlings was determined, which was dependent on the type of seed tested. The results obtained, indicate that the effect of seed osmopriming and resistance to drought stress also depends on the genetic basis. Due to the increasing problem of water scarcity in agricultural production globally, studies addressing the physiological effects of compounds such as NaHS, which is also used as a fungicide, are of great importance in increasing the resistance of plants, caused by both, biotic and abiotic environmental factors.

**Thesis performed at:** Faculty of Agrobiotechnical Sciences Osijek

**Mentor:** PhD. Miroslav Lisjak, associate professor

**Number of pages:** 33

**Number of figures:** 7

**Number of tables:** 5

**Number of references:** 16

**Number of appendices:** 0

**Original in:** Croatian

**Key words:** hydrogen sulfide, sodium hydrosulfide, drought stress, sunflower

**Thesis defended on date:**

## Reviewers:

1. PhD Tihana Teklić, full professor, chair
2. PhD Miroslav Lisjak, associate professor, mentor
3. PhD Dejan Agić, assistant professor, member

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