UTJECAJ NATRIJ HIDROGENSULFIDA NA POKAZATELJE RASTA PAPRIKE (Capsicum annuum L.)

Dragičević, Marijan

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of agriculture / Sveučilište Josip Jurja Strossmayera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:151:916391

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-29**

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

zir.nsk.hr

Image not found or type unknown

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Marijan Dragičević
Preddiplomski studij, smjer Bilinogojstvo

UTJECAJ NATRIJ HIDROGENSULFIDA NA POKAZATELJE RASTA PAPRIKE (*Capsicum annuum* L.)

Završni rad

Osijek, 2016

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU
POLJOPRIVREDNI FAKULTET U OSIJEKU

Marijan Dragičević
Preddiplomski studij, smjer Bilinogojstvo

UTJECAJ NATRIJ HIDROGENSULFIDA NA POKAZATELJE RASTA PAPRIKE (*Capsicum annuum* L.)

Završni rad

Voditelj: doc.dr.sc. Miroslav Lisjak

Povjerenstvo za ocjenu i obranu rada:

1. prof.dr.sc. Tihana Teklić - predsjednik
2. doc.dr.sc.Miroslav Lisjak - mentor
3. prof.dr.sc. Aleksandar Stanisavljević- član
4. doc.dr.sc. Brigita Popović- zamjenski član

Osijek, 2016.

SADRŽAJ

1.UVOD 1
1.1 MORFOLOGIJA I PORIJEKLO PAPRIKE 1
1.2. UVJETI UZGOJA PAPRIKE (*Capsicum annuum* L.) 2
1.3. SUMPOROVODIK (H_2S) 3
1.4. SOLNI STRES 4
1.5. CILJ ISTRAŽIVANJA 4
2. MATERIJALI I METODE 5
2.1.POSTAVLJANJE POKUSA 5
2.2. ODREĐIVANJE LISNE POVRŠINE 6
2.3. ODREĐIVANJE SADRŽAJA KLOROFILA I KAROTENOIDA 7
2.4. ODREĐIVANJE SADRŽAJA SLOBODNOG PROLINA 8
2.5. ODREĐIVANJE INTENZITETA LIPIDNE PEROKSIDACIJE 8
2.6 ANALIZE I OBRADA PODATAKA 9
3. REZULTATI I RASPRAVA 10
4. ZAKLJUČAK 22
5. POPIS LITERATURE 23
6. SAŽETAK 26
7. SUMMARY 27
8. POPIS TABLICA 28
9. POPIS SLIKA 29
10. POPIS GRAFIKONA 29
TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA 30

1.UVOD

1.1 MORFOLOGIJA I PORIJEKLO PAPRIKE

Paprika (*Capsicum annuum L.*) je jednogodišnja biljka iz porodice pomoćnica (*Solanaceae*). Stabljike su uspravne, u donjem dijelu odrvenjele, u gornjem dijelu razgranate. Rastu do 60 cm visine. Korijen je plitak i slabije razvijen. Listovi su naizmjenični, dužine do 15 cm, jajolikog oblika, na vrhu su ušiljeni te imaju cjeloviti rub. Cvjetovi su dvospolni, pravilni, smješteni su nasuprotno jedni drugima i nalaze se na kratkim peteljkama. Ocvijeće im je dvostruko, čine ju čaška i vjenčić. Čaška je zvonastog oblika i čini ju pet zelenih lapova, vjenčić je građen od 5-8 bijelih latica. Tučak ima nadraslu, peterogradnu plodnicu koja nosi mnogo sjemenih zametaka. Ima 5 prašnika. Plod je višesjemena nabrekla boba koja može biti crvene, zelene, žute ili ljubičaste boje, glatke teksture. Plod sadrži mnogobrojne plosnate, žućkaste sjemenke. Uzgaja se kao povrtna kultura zbog plodova.

Porijeklom je iz Južne i Srednje Amerike, u Europi se pojavljuje u 15 stoljeću zahvaljujući Španjolcima koji ju uvoze iz Amerike. U početku je bila poznata kao španjolski papar, te je tako nastao korijen današnjeg imena (*Capsicum*). Paprika je jedna od najvažnijih biljaka iz porodice Solanacea, uz rajčicu, krumpir, patlidžan, petuniju i duhan (Ince i sur., 2010.). Danas je jedna od najvećih uzgajivača Mađarska, koja ima vrlu cijenjenu crvenu papriku. U Hrvatskoj se uzgaja na oko 3700 ha godišnje. Latinski naziv roda Capsicum potječe od grčke riječi *kapto* (ujedam), zbog ljutog okusa. Ime vrste *annuum* znači jednogodišnji. Postoje 2 tipa paprike, slatka i ljuta. Ljuta paprika sadrži puno alkaloida kapsaicin koji daje ljuti okus a ima ga najviše oko sjemenki.



Slika 1. Paprika-*Capsicum annuum* L. (Izvor: http://www.plantea.com.hr/paprika/)

1.2. UVJETI UZGOJA PAPRIKE (*Capsicum annuum*L.)

Kao i cijela porodica pomoćnica (*Solanacea*), razvoju paprike pogoduju temperature iznad 15°C i ispod 36°C, sve temperature ispod 15°C, odnosno iznad 36°C dovode do prekida razvoja biljke. Sjeme počinje nicati na temperaturi iznad 13°C, a optimalna temperatura za razvoj je 22-25°C. Biljka paprike veliki je potrošač vode, što se osigurava padalinama i navodnjavanjem po obroku 30-40 mm ili 30-40 l m^{-2}. Kako korijen ima slabu moć asimilacije, navodnjavanje je neizostavna stavka kod uzgoja paprike. Najbolje rezultate daje na dubokima, rastresitim i bogatim humusnim tlima, a preferira blago kisela tla pH 6,0-6,8. Najbolji su predusjevi kulture iz porodice mahunarki (grašak, grah i dr.). Poslije rajčice i krumpira ne bi trebalo uzgajati papriku, zbog mogućnosti prenošenja bolesti. Poslije paprike preporuča se uzgoj korjenastih kultura i kupusnjača. Paprika iznosi iz tla velike količine dušika, fosfora i kalija, te je zbog toga potrebna i pojačana gnojidba tla prije sadnje. Osnovna gnojidba tla obavlja se u jesensko-zimskoj brazdi, gdje se prije oranja raspodjeljuje stajski gnoj u količini 40-50 tha^{-1} i NPK 6:18:36 u količini 200-300 kg ha^{-1}, ili NPK 7:14:26. U pripremi tla za sadnju paprike, kao dopunska gnojidba dodaje se NPK 15:15:15 ili NPK 20:10:10 u količini 150-200 kg ha^{-1} (Parađiković i sur. 2009.). Mnogobrojna istraživanja s početka 21. stoljeća bavila su se reakcijom biljaka paprike na solni stres koja potvrđuju da je među povrtnim vrstama paprika vrlo osjetljiva na solni stres.

1.3. SUMPOROVODIK (H_2S)

Sumporovodik (H_2S) već je dugi niz godina predmet raznih istraživanja. Od samih je početaka istraživanja sumporovodika poznato je da povećane koncentracije sumporovodika (H_2S) djeluju fitotoksično (Koch i sur., 1990.). Njegova štetnost pri visokim koncentracijama te dokazano toksično djelovanje na biološke sustave bili su razlozi njegovog zapostavljanja, te nije bila interesantna tema znanstvenicima u znanstvenim istraživanjima o mogućim pozitivnim učincima koje H_2S može imati na čovjeka i biljke. Ovaj plin pri normalnim uvjetima posjeduje otrovnost jednaku cijanovodiku, a nekoliko puta veću otrovnost od ugljikovog monoksida. Međutim, njegova uloga u biljci je od značajne važnosti jer oksidacijom ovog spoja, biljci je dostupna značajna količina sumpora kojeg može usvojiti. Može se reći da je od svih sulfida najznačajniji sumporovodik, koji se otapa u vodi te nastaje sulfidna kiselina koja je kisele pH reakcije (Filipović, Lipanović, 1995.). Iako se do nedavno smatralo da ima fitotoksična svojstva i da je štetan za biljke, dokazano je da ima vrlo važnu ulogu u biljnim stanicama. Tijekom života biljke sumpor je vrlo važan makronutrijent, koji utječe na vigor sjemena, rast biljaka, prinos usjeva i dr. (Wang, 2012.; Rennenberg i sur., 1983.). Osim ovih uloga koji opisuju prethodno navedeni autori, sumporovodik ima bitnu ulogu i u signalnom putu, kao signalna molekula. Molekula mora zadovoljiti određene kriterije kako bi bila smatrana signalnom komponentom (Hancock i sur., 2011.). Prije nego što izazovu stanični odgovor, signalne molekule proizvode se te se usmjeravaju prema mjestu gdje će biti prepoznate kao signalne molekule. Bitno je da postoje fiziološki pravci kojima će se signale molekule moći ukloniti kada završi potreba za njihovim djelovanjem. Istraživanja su dokazala značajan utjecaj sumporovodika u odgovoru biljaka na stres koji izazivaju niske temperature, u uvjetima stresa izazvanog teškim metalima te pri uvjetima stresa nastalog zbog povišenog sadržaja soli.

1.4. SOLNI STRES

Salinitet ima veliki utjecati na produktivnost ratarskih usjeva. Visoke koncentracije soli istovremeno izazivaju ionski i osmotski stres koji imaju odvojeni utjecaj na fiziološke metaboličke procese u stanicama biljaka, dok niske i nedovoljne količine limitiraju usvajanje potrebnih elemenata u ishrani biljke. Sadržaj soli u nekim tipovima tla može biti koncentracijski znatno povećan pa se može naglasiti da koncentracija iznad 0,01 % nepovoljno djeluje na većinu kulturnih biljaka, kojima odgovaraju tla s rasponom soli od 0,001 – 0,01 % (Kastori i Maksimović, 2008.).Biljke koje dobro podnose slana tla spadaju u skupinu halofitnih biljaka, u kojima sadržaj mineralnih tvari u suhoj tvari može biti i veći od 50 %. Njihova prilagođenost temelji se na dobroj regulaciji osmotskog tlaka, usvajanju malih količina soli ili sposobnosti izbacivanju soli putem korijena ili lišća. Kod biljaka koje ne podnose visoke koncentracije soli, njihovo prisustvo može uzrokovati razne smetnje u prometu tvari. Dolazi do povećane aktivnosti enzima koji su indikatori stresa dok s druge strane može doći do inhibicije i smanjenja aktivnosti nekih drugih enzima koji sudjeluju u ključnim fiziološkim procesima. Nadalje, uslijed velike koncentracije soli dolazi do poremećaja u metabolizmu dušičnih spojeva, dolazi do nakupljanja amida, diamina i aminokiselina. Otpornost biljaka prema solnom stresu, različita je tijekom razvojnih faza.

1.5. CILJ ISTRAŽIVANJA

Utvrditi:

- Učinak solnog stresa na papriku (*Capsicum annum* L.) prethodno zalijevanu s različitim koncentracijama otopine NaHS na ukupnu površinu listova, sadržaj i omjere kloroplastnih pigmenata
- Učinak solnog stresa na papriku (*Capsicum annum* L.) prethodno zalijevanu s različitim koncentracijama otopine NaHS na razinu lipidne peroksidacije i sadržaj prolina u listovima

2. MATERIJALI I METODE

2.1.POSTAVLJANJE POKUSA

Sjeme paprike (*Capsicum annuum* L.) sorte Kalifornijsko čudo posijano je 8. ožujka u plastične čaše od 0,2 l koje su punjene navlaženim tresetom (Eko kompost, mješavina ovčjeg gnoja i treseta; proizvođač: Eko Farma) na dubinu 1 cm (Slika 2.). U svaku čašu je zasijano po dvije sjemenke paprike. Nakon što su sjemenke proklijale, čaše sa biljkama prebačene su u klima komoru, gdje je na temperaturi od 25 °C provela svo vrijeme tijekom tretiranja i analiza. Biljke su podijeljene u grupe s obzirom na različite varijante tretmana te tretirane različitim koncentracijama NaHS (Natrijev hidrogensulfidom), 50 mM NaHS, 100 mM NaHS, 200 mM NaHS, te 500 mM NaHS. Za kontrolu je korištena destilirana voda. Pokus je postavljen u 4 ponavljanja kako bi se mogla pravilno provesti statistička obrada. Biljke su zalijevane navedenim otopinama kroz dva tjedna, odnosno 3 zalijevanja tjedno sapo 25 ml precizno odmjereno u menzuri. Nakon zalijevanja biljaka NaHS-om, biljke su zalijevane otopinom NaCl 150mM. Tretman solnim stresom također je trajao 2 tjedna, sa po 3 zalijevanja tjedno s 25 ml otopine. Po završetku ovih pokusa, skinuti su listovi sa biljaka, te pripremljeni za različite analize koje su nam dali rezultate ovog pokusa.

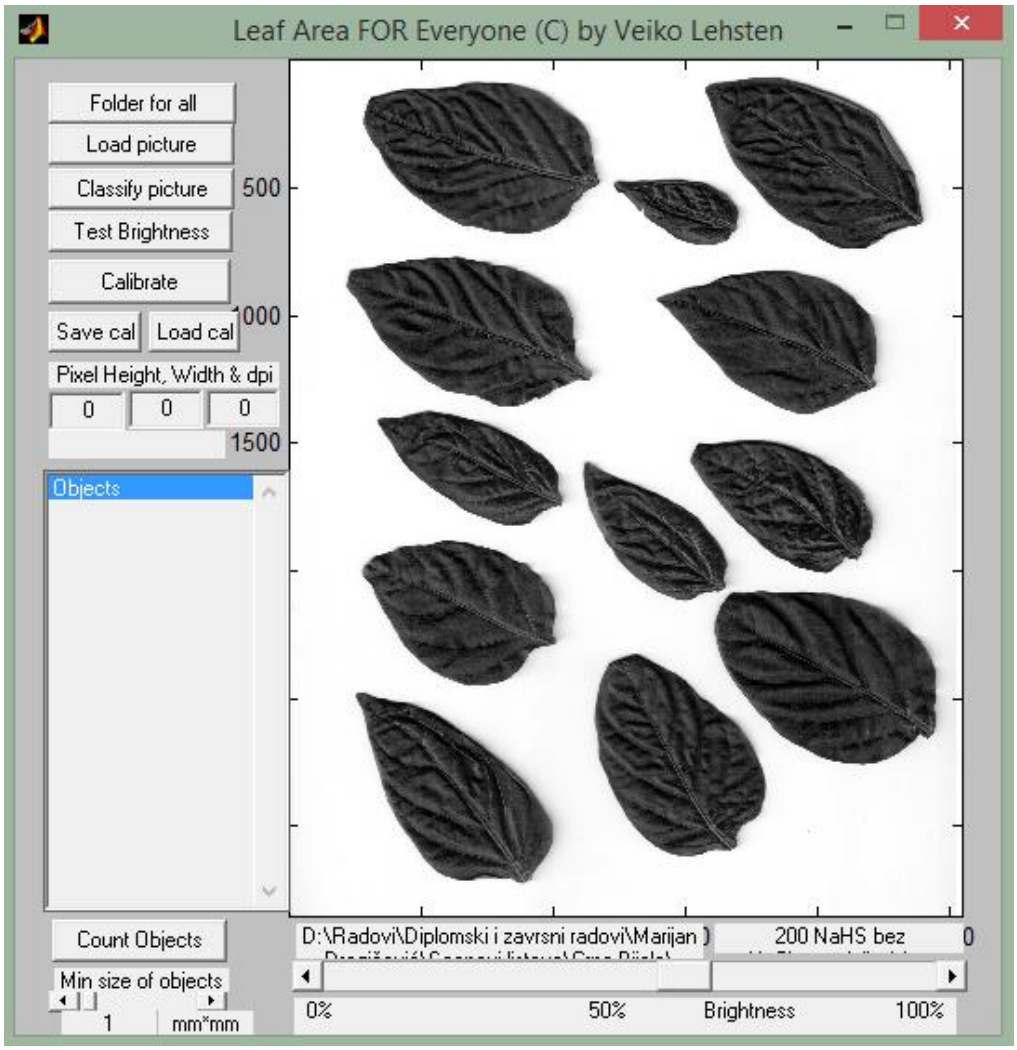


Slika 2. Sjetva paprike u plastične čaše

Foto: Marijan Dragičević

2.2. ODREĐIVANJE LISNE POVRŠINE

31. dan od dana sjetve nasumično su odabrane po dvije biljke iz svake repeticije te su im odstranjeni listovi. Listovi dviju biljaka iz svake repeticije postavljeni su na bijeli papir i preslikani na skeneru SAMSUNG SC X 3205. Nakon obrađenih preslika svih repeticija, biljke su spremljene u zamrzivač na -80 ˚C, nakon čega će biti korišteni za daljnje analize. Skenovi listova obrađeni su u besplatnoj mrežnoj programskoj podršci Leaf Area FOR Everyone by Veiko Lehsten (http://www.uni-oldenburg.de) koja na temelju zadane rezolucije, preračunava površinu preslikanog objekta u mm^2 (Slika 3.). Pošto aplikacija prepoznaje svaki list kao jedan objekt te su površine zbrojene i podijeljene sa ukupnim brojem listova iz svake repeticije.



Slika 3. Prikaz programa Leaf Area FOR Everyone by Veiko Lehsten

Foto: M. Dragičević

2.3. ODREĐIVANJE SADRŽAJA KLOROFILA I KAROTENOIDA

Biljno tkivo paprike je usitnjeno tekućim dušikom do stanja sitnog praha te je na analitičkoj vagi odvagano 0,1 g macerata u plastične epruvete od 15 ml s navojem. U epruvete je dodano malo praha $MgCO_3$ (na vrh noža) kako bi neutralizirali kiselost. Nakon procesa neutralizacije tkiva dodano je 10 ml acetona. Uzorci se homogeniziraju na vrtložnoj treskalici, (15 sekundi) dva puta, u razmaku 10-ak minuta, a nakon toga se centrifugiraju na 14000 rpm u trajanju od 10 minuta (Slika 4.). Automatskom pipetom su odpipetirani supernatanti u kivetu te se na spektrofotometru mjere apsorbancije na valnim duljinama 662, 644 i 440 nm. Aceton se koristi kao slijepa proba. Dobivene vrijednosti apsorpcije (A_{662}, A_{644} i A_{440}) uvrste se u Holm-Wetstteinove jednadžbe za izračunavanje koncentracije pigmenata u mg dm^{-3} i to klorofila a, klorofila b, ukupnih klorofila i karotenoida:

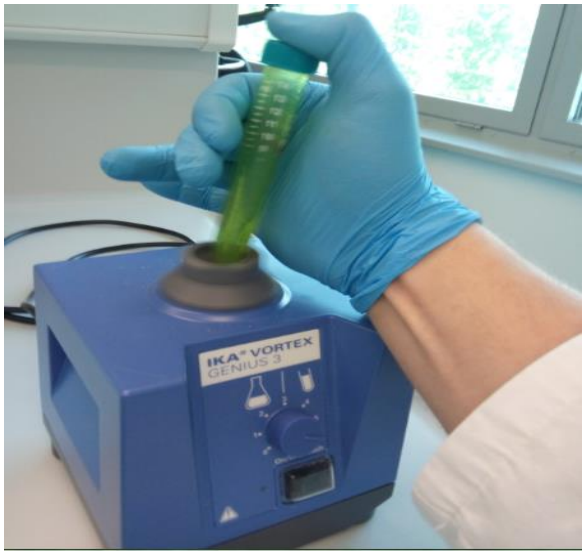
Klorofil a = 9,784 x A_{662} – 0,990 x A_{644}

Klorofil b = 21,426 x A_{644} – 4,65 x A_{662}

Klorofil a+b = 5,134 x A_{662} + 20,436 x A_{644}

Karotenoidi = 4,695 x A_{440} – 0,268 x (klorofil a+b).

Finalne vrijednosti sadržaja fotosintetskih pigmenata su preračunate na masu pigmenata po masi svježe tvari lista (mg g^{-1}Sv.T), uzevši u obzir mase odvaganog tkiva te razrjeđenje.



Slika 4. Miješanje uzorka tkiva na vrtložnoj treskalici.

Fotografirao: M. Dragičević

2.4. ODREĐIVANJE SADRŽAJA SLOBODNOG PROLINA

U maceriranom listu paprike koncentracija slobodnog prolina određena je metodom prema Bates i sur. (1973.), uz neke izmjene. Za određivanje sadržaja prolina (PRO) odvagano je po 0,5 g macerata u epruvete volumena 15 ml. Uzorcima je dodano po 5 ml 3 % sulfosalicilne kiseline te su uzorci dobro promiješani na vrtložnoj treskalici i centrifugirani 15 minuta na 4000 RCF. Nakon toga iz svakog je uzorka odpipetirano po 1 ml filtrata (supernatanta) te je dijelu uzorka dodano po 1 ml kiselog ninhidrin reagensa i 1 ml ledene octene kiseline. Uzorci su ponovno promiješani na vrtložnoj treskalici i inkubirani 1h na 100 °C u vodenoj kupelji. Nakon procesa inkubacije, reakcija je prekinuta prenošenjem uzoraka na hladni blok. Prolin je ekstrahiran sa po 2 ml toluena uz snažno miješanje 20-30 sekundi na vrtložnoj treskalici. Nakon zagrijavanja epruveta na sobnu temperaturu, ekstrahirani prolin zajedno sa toluenskim slojem izdvojen je na površinu nakon čega je prebačen automatskom pipetom u kivetu za spektrofotometar. Čistim toluenom je podešena 0, a za stupnjeve transmisije pripremljeni su standardi točno poznatih koncentracija prolina. Za pripremu standarda pripremljen je osnovni standard koncentracije 20 μg ml^{-1} od kojeg su pripremljena razrjeđenja s koncentracijama 0, 1, 2, 4, 8, 10, 12, 16 i 20 μg PRO ml^{-1}. Standard 0 predstavljao je 100 %-tnu transmisiju. Mjerenja su obavljena na 520 nm te je pomoću navedenih standarda izrađena standardna krivulja iz koje je dobivena funkcija za izračun količine prolina prema podacima o apsorbanciji uzoraka. Konačan sadržaj slobodnog prolina u biljnom tkivu je izražen u μg g^{-1} svježe mase biljnog tkiva (Sv.T.).

2.5. ODREĐIVANJE INTENZITETA LIPIDNE PEROKSIDACIJE

Zbog vrlo kratkog vijeka nestabilni kisikovi spojevi (ROS) se ne mogu direktno mjeriti pa se zbog toga analizira njihov poznati učinak, odnosno lipidna peroksidacija. Lipidna peroksidacija mjeri se određivanjem produkata iz uzorka koji su nastali raspadanjem lipida te njihovom reakcijom s tiobarbiturnom kiselinom (TBARS) prema metodi Heath i Packer (1968.), uz neke modifikacije.

Uzorci za analizu pripremljeni su maceracijom do stanja finog praha u tekućem dušiku i odvagano je 0,2 g maceriranog tkiva po uzorku u Eppendorf epruvete volumena 2 ml. Uzorcima je dodano po 0,5 ml 0,1% TCA (triklor octena kiselina) pripremljene otapanjem 0,1 g TCA u 100 ml destilirane vode na magnetnoj mješalici. Uzorci su nakon dodavanja

TCA centrifugirani 15 minuta pri 10000 RCF i 4˚C. Nakon centrifugiranja supernatant je odvojen u 1,5 ml epruvetu s čepom na navoj i uzorcima je dodano po 0,5 ml ranije pripremljene 0,5% tiobarbiturne kiseline (TBA) u 20% TCA. 0,5% TBA u 20% TCA je pripremljena u laboratorijskoj čaši otapanjem TCA u destiliranoj vodi u omjeru 1:2. Slijepa proba je pripremljena od 1,5 ml 0,5 % TBA u 20 % TCA. Uzorci su dobro promiješani na vrtložnoj treskalici (vortex), nakon čega su postavljeni u vodenu kupelj na 30 minuta pri 98˚C. Uzorci se hlade potapanjem u hladnu vodu na 15 minuta i ponovno su centrifugirani 15 minuta pri 10000 RCF i 4˚C. Nakon toga uzorci su presipani u kivetu sa suženim dnom te je provedeno mjerenje apsorbancije. Slijepom probom je određena nula i mjerena je specifična i nespecifična apsorbancija na 532 i 600 nm, a krajnji rezultat predstavlja njihovu razliku. Koncentracija produkata lipidne peroksidacije (TBARS) izračunata je pomoću ekstincijskog faktora 155 mM cm^{-1} i izražena u nM g^{-1} Sv.T.

2.6 ANALIZE I OBRADA PODATAKA

Analize klorofila i karotenoida obuhvaćale su spektrofotometrijsko određivanje koncentracije prethodno navedenih kloroplastnih pigmenata. Mjerenja su obavljena na uređaju Varian Cary 50 UV-VIS Spectrophotometer uz programsku podršku Cary WinUV software. Istraživanje je provedeno kao dvofaktorijelni pokus sa po 4 biljke u jednom ponavljanju. Svi dobiveni rezultati su proizašli koristeći statističke metode obrade podataka pomoću SAS Software 9.1.3., programske podrške (2002.,-2003., SAS Institute Inc., Cary,USA) i Microsoft Office Excell 2007. 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).

3. REZULTATI I RASPRAVA

Uloga biljnih pigmenata kao pigmenata i kao antioksidansaima značajnu ulogu u farmaciji i prehrambenoj industriji. Kod absorbiranja svjetlosne energije koja će se kroz proces fotosinteze transformirati u oblik kemijske energije, najbitniju ulogu imaju kloroplastni pigmenti, odnosno klorofili. Obojene, kompleksne organske spojeve čije se optičke osobine zasnivaju na kemijskoj strukturi njihovih molekula nazivamo fotoreceptorima. Kod fotosintetskih aparatavišiih biljaka najznačajniji su klorofili i karotenoidi. Dosada poznati klorofili su -a, -b, -c, -d i -e, a više biljke sadrže klorofil -a ($C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$) i klorofil -b ($C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$) koji se nalaze u tilakoidima kloroplasta. Klorofili su esteri dikarbonske kiseline klorofilina i alkohola fitola. Građeni su od porfirinskog prstena u čijem je središtu atom Mg vezan na N četiriju pirolnih prstena s dvije kovalentne i dvije koordinatne veze. Na porfirinsku jezgru vezan je fitolni rep bogat $–CH_3$ skupinama. Porfirinska jezgra je hidrofilna, a fitolni rep je hidrofoban i lipofilan. Modrozeleni klorofil a i žutozeleni klorofil b apsorbiraju vidljivi dio spektra i imaju maksimume apsorpcije u crvenom (600-700 nm) i plavom (400-500 nm) dijelu spektra. Karotenoidi su narančasto-žuti pigmenti koji su po kemijskoj strukturi derivati izoprena, a mogu biti aciklični, monociklični i biciklični. Karotenoide dijelimo na dvije skupine karotene i ksantofile. Karoteni su žutonarančaste boje, a ksantofili imaju kisik u hidroksiketo- ili metoksi- grupi i žute su boje. Dva najpoznatija karotena su β-karoten i likopen, dok od poznatih ksantofila izdvajamo: lutein, neoksantin, astaksantin, violaksantin i zeaksantin. Imaju dvostruku ulogu, prvenstveno služe za prijenos energije na klorofil čime se proširuje spektar apsorpcije svjetlosti te uz to imaju i ulogu u zaštiti fotolabilnog fotosintetskog aparata od oksidativne destrukcije (Lisjak i sur., 2009).

Sadržaj klorofila uvelike varira u uvjetima abiotskog stresa. Dokazano je da solni stres smanjuje sadržaj klorofila jer povećava razgradnju kloroplastnih pigmenata te utječe na povećanje nestabilnosti protein – pigment kompleksa. Također, ioni u sastavu soli negativnije utječu na *de novo* sintezu proteina, strukturalnih komponenti klorofila, nego na njihovu razgradnju (Jaleel, 2008.). Takva se destrukcija klorofila reflektira u smanjenju neto produktivnosti fotosinteze tj. u asimilaciji organske tvari.

U našim smo istraživanjima željeli ispitati utjecaj solnoga stresa na sadržaj fotosintetskih pigmenata u listu paprike koja je prethodno bila zalijevana otopinama NaHS te utvrditi

postoji li mogućnost indukcije otpornosti na solni stres korištenjem spojeva koji oslobađaju sumporovodik kao predtretman.

U prosjeku za obje varijante solnog stresa, F testom je utvrđen značajan utjecaj primijenjenih tretmana paprike s NaHS na sadržaj karotenoida, omjer klorofila a/b te omjer klorofila i karotenoida ($P \leq 0{,}0001$) dok na sadržaj klorofila a, b te ukupnih klorofila, navedeni tretmani nisu značajno utjecali (*Tablica 1*).

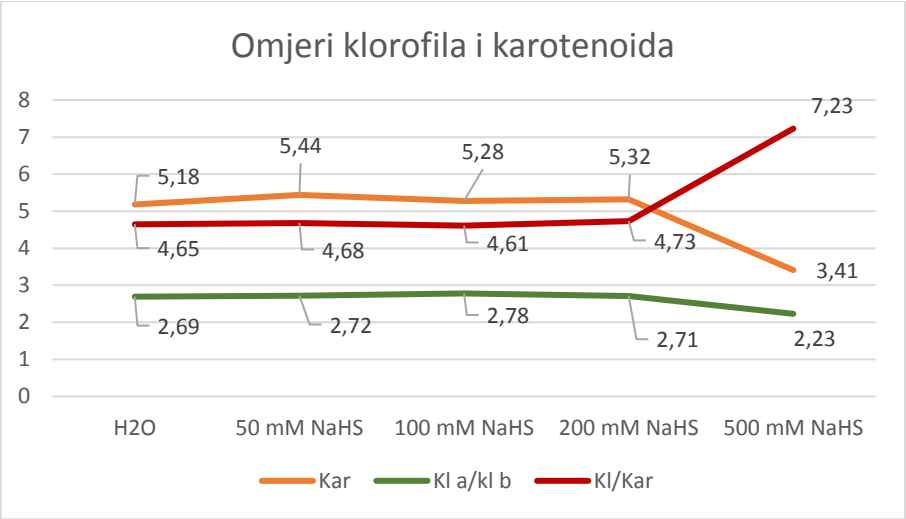
Tablica 1. Utjecaj tretmana paprike (*Capsicum annuum* L.) s otopinom NaHS i solnog stresa na sadržaj i omjere kloroplastnih pigmenata (klorofil a, Kl a; klorofil b, Kl b, ukupni klorofili, Kl a+b; karotenoidi, Kar; mg g^{-1}Sv.T., omjer klorofila a i b, Kl a/Kl b; omjer klorofila i karotenoida Kl/Kar).

FAKTOR	VARIJANTA	Kl a	Kl b	Kl a+b	Kar	Kl a/kl b	Kl/Kar
Tretman NaHS	H_2O	17,55	6,58	24,13	$5{,}18^{A}$	$2{,}69^{A}$	$4{,}65^{B}$
	50 mM NaHS	18,64	6,90	25,53	$5{,}44^{A}$	$2{,}72^{A}$	$4{,}68^{B}$
	100 mM NaHS	17,84	6,43	24,27	$5{,}28^{A}$	$2{,}78^{A}$	$4{,}61^{B}$
	200 mM NaHS	18,38	6,78	25,16	$5{,}32^{A}$	$2{,}71^{A}$	$4{,}73^{B}$
	500 mM NaHS	17,01	7,64	25,65	$3{,}41^{B}$	$2{,}23^{B}$	$7{,}23^{A}$
	F test	0,57	1,69	0,24	12,09	39,86	167,62
	P	0,6830	0,1795	0,9144	**≤0,0001**	**≤0,0001**	**≤0,0001**
Solni stres	H_2O	17,49	6,72	24,21	4,88	2,61	5,12
	150 mM NaCl	18,28	7,01	25,28	4,97	2,63	5,25
	F test	1,05	0,76	0,97	0,19	0,36	2,81
	P	0,3136	0,3903	0,3317	0,6624	0,5514	0,1040
Tretman NaHS x Solni stres	F test	2,12	2,48	2,19	1,71	4,51	2,54
	P	0,1033	0,0649	0,0937	0,1730	**0,0057**	0,0602

Podaci su prosjek četiri ponavljanja; ANOVA, F test; prosjeci označeni različitim slovom se razlikuju prema LSD testu (^{a,b,c} P=0,05; ^{A,B,C} P=0,01).

U prosjeku za obje varijante solnog stresa LSD testom je dokazan značajno najniži sadržaj karotenoida (3,41 mg g^{-1}Sv.T) te omjer klorofila a/b (2,23) u varijanti tretmana 500 mM NaHS. Vrijednosti navedenih parametara kod ostalih varijanti tretmana s NaHS se nisu statistički značajno razlikovale. Značajno najveći omjer klorofila i karotenoida (7,23) utvrđen je pri 500 mM NaHS, dok se vrijednosti dobivene pri ostalim varijantama tretmana nisu značajno razlikovale.

Značajno povećanje omjera klorofila i karotenoida pri 500 mM NaHS rezultat je razgradnje karotenoida jer tretmani NaHS-om nisu značajno utjecali na ukupni sadržaj klorofila *(Grafikon 1).*



Grafikon 1. Omjer klorofila i karotenoida u listovima paprike

Salinitet je jedan od glavnih abiotskih faktora poljoprivredne proizvodnje kojim je zahvaćeno 230 milijuna hektara obrađivanih i navodnjavanih površina na globalnoj razini (Heidari i sur. 2012.). Pretpostavka je da će salinitet uvelike utjecati na produktivnost ratarskih usjeva (Koca i sur. 2007.). Visoke koncentracije soli istovremeno izazivaju ionski i osmotski stres koji imaju utjecaj na fiziološke metaboličke procese u stanicama biljaka (Wang i sur. 2010.). Sadržaj soli u nekim tipovima tla može biti koncentracijski znatno povećan pa možemo reći da koncentracija iznad 0,01 % nepovoljno djeluje na većinu kulturnih biljaka kojima odgovaraju tla s rasponom soli od 0,001 – 0,01 % (Kastori i Maksimović 2008.). Biljke koje dobro podnose zaslanjena tla spadaju u skupinu biljaka koje nazivamo halofiti, u kojima sadržaj mineralnih tvari u suhoj tvari može biti i veći od 50 %. Njihova prilagođenost moguća je jer imaju sposobnost regulacije osmotskog tlaka, usvajanja malih količina soli ili pak sposobnosti izbacivanju soli putem korijena ili lišća.

U prosjeku za sve varijante tretmana s NaHS, prema F testu, solni stres nije značajno utjecao na sadržaj kloroplastnih pigmenata u listu paprike. Interakcija tretmana biljaka s NaHS te solnog stresa je značajno utjecala samo na omjer klorofila a/b (P=0,0057).

Kao i sur. 2006. istražili su utjecaj rastućih koncentracija NaCl (0, 17, 51, 85 mM) tijekom vremenskog perioda od 60 dana na pokazatelje rasta kod tri divlje vrste soje *Glycine soja* Sieb i Zucc., *Glycine tomentella Hayata* i *Glycine tabacina* (Labill.) Benth.

S obzirom da su razlike na otpornost na nedostatak vode kod ove tri vrste opisivane u ranijim istraživanjima (Kao i Tsai, 1998.), Kao i sur. 2006. istražuju da li je otpornost na sušni stres ujedno vezana i uz otpornost na solni stres, jer ove dvije vrste stresa često djeluju zajedno,

naročito u agrobiocenozama nakon intenzivne gnojidbe, dužeg perioda nedostatka vode ili u uvjetima oba ova uvjeta. *Glycine tomentella*, srodnik kultivirane soje, biljka je koja je specifična za područja uz more te je u ovim istraživanjima pokazala i najveću otpornost na solni stres. Bez obzira na ovu informaciju navedenu u prijašnjoj rečenici na visokim koncentracijama NaCl (51 i 85 mM) i ova vrsta je pokazala statistički značajnu redukciju u prinosu biomase, dok je na nižim koncentracijama (0 – 17 mM NaCl) zabilježen statistički neznačajan pad biomase i lisne površine u usporedbi s preostale dvije testirane vrste.

F testom je utvrđen značajan utjecaj primijenjenih tretmana paprike s NaHS na sadržaj lipidne peroksidacije ($P \leq 0{,}0001$) i površinu listova ($P \leq 0{,}0001$) te na sadržaj prolina ($P = 0{,}0085$), u prosjeku za obje varijante solnoga stresa (*Tablica 2).*

Tablica 2. Utjecaj tretmana paprike (*Capsicum annuum* L.) s otopinom NaHS i solnog stresa na razinu lipidne peroksidacije (TBARS) (nmol g^{-1}Sv.T.) i sadržaj prolina (PRO) (µmol g^{-1}Sv.T.) u listovima te ukupnu površinu listova (mm^2).

FAKTOR	VARIJANTA	TBARS	PRO	Pov. listova
Tretman NaHS	H_2O	$9{,}58^{C}$	$1{,}77^{A}$	$1063{,}78^{A}$
	50 mM NaHS	$9{,}12^{C}$	$0{,}64^{B}$	$710{,}44^{B}$
	100 mM NaHS	$9{,}76^{C}$	$0{,}57^{B}$	$747{,}68^{B}$
	200 mM NaHS	$12{,}16^{B}$	$0{,}48^{B}$	$1042{,}96^{A}$
	500 mM NaHS	$14{,}99^{A}$	$0{,}56^{B}$	$745{,}90^{B}$
	F test	19,30	4,15	15,11
	P	**≤0,0001**	**0,0085**	**≤0,0001**
Solni stres	H_2O	10,87	0,72	$1026{,}35^{A}$
	150 mM NaCl	11,37	0,88	$697{,}95^{B}$
	F test	1,00	0,46	66,27
	P	0,3254	0,5050	**≤0,0001**
Tretman NaHS x Solni stres	F test	7,13	0,72	8,85
	P	0,0004	0,5826	**≤0,0001**

Podaci su prosjek četiri ponavljanja; ANOVA, F test; prosjeci označeni različitim slovom se razlikuju prema LSD testu (^{a,b,c} $P=0{,}05$; ^{A,B,C} $P=0{,}01$).

Značajno najveći sadržaj lipidne peroksidacije je utvrđen kod biljaka paprike tretiranih sa 500 mM NaHS (14,99 nmol g^{-1}Sv.T.), a najmanji sadržaj utvrđen je kod biljaka koje su bile zalijevane samo vodom (9,58 nmol g^{-1}Sv.T.) te s 50 mM NaHS (9,12 nmol g^{-1}Sv.T.) i 100 mM NaHS (9,76 nmol g^{-1}Sv.T.) te se nisu međusobno značajno razlikovale. U tretmanu 200 mM NaHS je utvrđeno statistički značajno viša razina lipidne peroksidacije (12,16 nmol g^{-1}Sv.T.) od tretmana H_2O, 50 i 100 mM NaHS te statistički značajno manje u usporedbi sa tretmanom 500 mM NaHS (14,99 nmol g^{-1}Sv.T.).

Značajno najveći sadržaj prolina je utvrđen u listovima biljaka paprike tretiranih samo vodom (1,77 μmol g^{-1}Sv.T.), a tretmani 50,100,200, 500 mM NaHS se nisu statistički značajno razlikovali u vrijednostima navedenog parametra.

Kheder (2003.) objašnjava ulogu prolina u uvjetima solnoga stresa na biljci *Pancratium maritimum* L. (morski narcis). Solni stres izazvao je smanjenje rasta biljke i sadržaja proteina, osobito pri 300 mM NaCl, što izaziva povećanu akumulaciju slobodnog prolina. U lišću biljke, ubikvitin pronalazi proteine koji su oštećeni solnim stresom za degradaciju putem proteasoma. Takva promjena je izazvana pod utjecajem prolina, čak i u lišću koje nije bilo izloženu stresu. Solni stres, posebice u korijenu, je izaziva smanjenje ubikvitinskih konjuganata, no taj učinak je poništava se dodavanjem egzogenog prolina. U uvjetima jakog stresa dolazi do inhibicije rada antioksidativnih enzima katalaze i peroksidaze, ali u prisutstvu prolina njihova aktivnost je znatno otpornija na solni stres. Autor zaključuje da prolin potpomaže razgradnju proteina te povećava ekspresiju gena odgovornih za sintezu zaštitnih proteina u uvjetima solnog stresa.

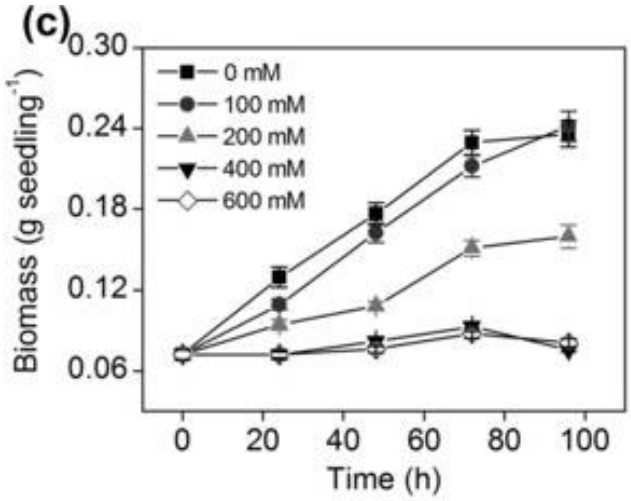
(Szabados i Savouré, 2010.) kažu da prolin ima sposobnost da smanji razinu ROS kod gljiva i kvasaca sprječavajući apoptozu, dok kod algi koje su pod stresom izazvanim teškim metalima može smanjiti lipidnu peroksidaciju. Navode kako i kod ljudi može pozitivno utjecati pri borbi protiv oksidativnog stresa izazvanog karcinogenezom.

Značajno najveća površina listova je utvrđena u kontroli (1063,78 mm^2) te pri tretmanu sa 200 mM NaHS (1042,96 mm^2) dok se vrijednosti navedenog parametra nisu značajno razlikovale u ostalim tretmanima s NaHS.

U prosjeku za sve varijante tretmana s NaHS, solni stres je značajno utjecao samo na lisnu površinu ($P \leq 0{,}0001$).

Interakcija tretmana biljaka s NaHS te solnog stresa je značajno utjecala samo na lisnu površinu ($P \leq 0{,}0001$).

Chen i sur. (2015.) provode istraživanje na klijancima ječma koje tretiraju različitim koncentracijama NaCl (0, 100, 200, 400 i 600 mM), kroz vremensko razdoblje od 96 sati. Tretman sa 100 mM NaCl, nije značajno utjecao na lisnu površinu biljaka, dok je tretman sa 200 mM NaCl vidljivo inhibirao razvoj lisne površine. Tretmani sa 400 i 600 mM NaCl su statistički značajno smanjili lisnu površinu te je došlo do naglog prestanka razvoja lista (*Grafikon 2).*



Grafikon 2. Utjecaj solnog stresa u različitim koncentracijama i vremenskom periodu na lisnu površinu klijanaca ječma.

Kod kontrolnih biljaka, F testom je utvrđen značajan utjecaj varijante tretmana s NaHS na karotenoide (P=0,0171), omjer klorofila a i klorofila b te omjer klorofila i karotenoida ($P \leq$0,0001) (*Tablica 3).*

Statistički značajan najniži sadržaj karotenoida je utvrđen kod biljaka paprike tretiranih s 500 mM NaHS (3,34mg g^{-1}Sv.T.), te se ostali tretmani nisu statistički značajno razlikovali u navedenom parametru. Najmanji omjer klorofila a i b (2,27) je utvrđen u tretmanu 500 mM NaHS dok se pri tretmanima s 50,100,200 mM NaHS vrijednosti nisu međusobno značajno razlikovale. U kontroli, omjer klorofila a i b (2,55) statistički je značajno manji od utvrđenog pri tretmanima s 50 mM NaHS (2,78), 100 mM NaHS (2,75), odnosno 200 mM NaHS (2,73) te značajno veći od onog u tretmanu s 500mM NaHS (2,27). U tretmanu 500mM NaHS je utvrđen statistički značajan najveći omjer Kl/Kar (7,01), dok je pri 200 mM NaHS (4,87) bio značajno manji od prethodno spomenutog, ali značajno veći od utvrđenog u kontroli (4,61) te pri100 mM NaHS (4,59) koji se međusobno nisu značajno razlikovali.

Yafan Yang i sur. 2015, proveli su istraživanje na kineskom kupusu (*Brassica rapa* subsp. Chinensis) zalijevajući ga različitim koncentracijama NaHS (0,5 mg l^{-1}, 5,0 mg l^{-1}, i 50 mg l^{-1}). Varijante sa 5 mg l^{-1} i vodu, koristili su kao kontrole. 16 dana biljke su zalijevane i mjereni su klorofili. Kao rezultat istraživanja naveli su da nije bilo statistički značajnih razlika kod klorofila između ovih tretmana.

Tablica 3. Utjecaj tretmana paprike (*Capsicum annuum* L.) s otopinom NaHS u prisutstvu odnosno bez prisutstva NaCl na sadržaj i omjere kloroplastnih pigmenata (klorofil a, Kl a; klorofil b, Kl b, ukupni klorofili, Kl a+b; karotenoidi, Kar; mg g^{-1} Sv.T., omjer klorofila a i b, Kl a/Kl b; omjer klorofila i karotenoida Kl/Kar).

FAKTOR	VARIJANTA	Kl a	Kl b	Kl a+b	Kar	Kl a/kl b	Kl/kar
H_2O	H_2O	17,09	6,76	23,85	$5,14^{AB,a}$	$2,55^{A,b}$	$4,61^{B,bc}$
	50 mM NaHS	16,52	5,96	22,49	$4,99^{AB,a}$	$2,78^{A,a}$	$4,50^{B,c}$
	100 mM NaHS	19,17	6,96	26,12	$5,72^{A,a}$	$2,75^{A,a}$	$4,59^{B,bc}$
	200 mM NaHS	18,41	6,76	25,17	$5,17^{A,a}$	$2,73^{A,a}$	$4,87^{B,b}$
	500 mM NaHS	16,25	7,17	23,43	$3,34^{B,b}$	$2,27^{B,c}$	$7,01^{A,a}$
	F test	0,74	0,54	0,49	4,24	15,54	95,05
	P	0,5787	0,7055	0,7449	**0,0171**	**≤0,0001**	**≤0,0001**
150 mM NaCl	H_2O	18,01	$6,41^{BC,c}$	$24,41^{AB,b}$	$5,21^{AB}$	$2,82^{A,a}$	$4,68^{B}$
	50 mM NaHS	20,75	$7,83^{AB,ab}$	$28,58^{A,a}$	$5,88^{A}$	$2,66^{A,b}$	$4,86^{B}$
	100 mM NaHS	16,51	$5,89^{C,c}$	$22,40^{B,b}$	$4,84^{B}$	$2,80^{A,a}$	$4,63^{B}$
	200 mM NaHS	18,34	$6,80^{ABC,bc}$	$25,14^{AB,ab}$	$5,46^{AB}$	$2,70^{A,ab}$	$4,61^{B}$
	500 mM NaHS	17,76	$8,10^{A,a}$	$25,87^{AB,ab}$	$3,47^{C}$	$2,19^{B,c}$	$7,46^{A}$
	F test	2,91	6,33	3,15	17,15	31,42	78,95
	P	0,0574	**0,0034**	**0,0457**	**≤0,0001**	**≤0,0001**	**≤0,0001**

Podaci su prosjek četiri ponavljanja; ANOVA, F test; prosjeci označeni različitim slovom se razlikuju prema LSD testu (^{a,b,c} P=0,05; ^{A,B,C} P=0,01).

U listovima paprike uzgajanih pri 150 mM NaCl, F testom je utvrđen značajan utjecaj tretmana s NaHS na sve fotosintetske pigmente osim na klorofil a, Kl b (P=0,0034), Kl a+b (P=0,0457), Kar (P=0,0171), omjer klorofila a i b ($P\leq$0,0001), te Kl/Kar ($P\leq$0,0001).

Najviši sadržaj klorofila b je utvrđen kod biljaka tretiranih sa 500 mM NaHS (8,10mg g^{-1} Sv.T.)te se ova vrijednost nije značajno razlikovala od one utvrđene pri 50 mM NaHS (7,83 mg g^{-1} Sv.T.). Najniži sadržaj klorofila b je utvrđen u listovima paprike pri tretmanu 100 mM NaHS (5,89 mg g^{-1} Sv.T.), te se dobivena vrijednost nije značajno razlikovala od one utvrđene u kontroli (6,41 mg g^{-1} Sv.T.) i pri 200 mM NaHS (6,81 mg g^{-1} Sv.T.).
Najviši sadržaj ukupnih klorofila je utvrđen pri najnižoj koncentraciji NaHS (28,58 mg g^{-1} Sv.T.) te se nije značajno razlikovao od sadržaja utvrđenog u tretmanima 200 (25,14 mg g^{-1} Sv.T.) i 500 mM NaHS (25,87 mg g^{-1} Sv.T.). Najniži sadržaj ukupnih klorofila je utvrđen u kontroli (24,41 mg g^{-1} Sv.T.) i pri 100 mM NaHS (22,40 mg g^{-1} Sv.T.).
Najviši sadržaj karotenoida je utvrđen u tretmanu 50 mM NaHS (5,88 mg g^{-1} Sv.T.) dok su nešto niže vrijednosti koje se međusobno značajno ne razlikuju, zabilježene u kontroli (5,21 mg g^{-1} Sv.T.) te pri tretmanu s 200 mM NaHS (5,46 mg g^{-1} Sv.T.). Statistički značajno najniži sadržaj karotenoida zabilježen je u tretmanu s 500 mM NaHS (3,47 mg g^{-1} Sv.T.).

Omjeri Kl a/Kl b dobiveni u kontroli te pri tretmanima s 100 mM NaHS (2,80) i 200 mM NaHS (2,70) se nisu međusobno značajno razlikovali. Značajno najniži omjer klorofila a i b je utvrđen u tretmanu 500 mM NaHS (2,19).Omjer Kl/Kar je bio značajno najviši u tretmanu s 500 mM NaHS (7,46), dok se vrijednosti utvrđene pri ostalim tretmanima nisu međusobno značajno razlikovale.

Prema F testu, u kontroli je utvrđen statistički značajan utjecaj tretmana s NaHS na lipidnu peroksidaciju ($P \leq 0{,}0001$) i površinu listova ($P \leq 0{,}0001$) (*Tablica 4*).

Tablica 4. Utjecaj tretmana paprike (*Capsicum annuum* L.) s otopinom NaHS u prisustvu, odnosno bez prisustva NaCl na razinu lipidne peroksidacije (TBARS) (nmol g^{-1}Sv.T.) i sadržaj prolina (PRO)(µmol g^{-1}Sv.T.) u listovima te ukupnu površinu listova (mm^2).

FAKTOR	VARIJANTA	TBARS	PRO	Pov. listova
H_2O	H_2O	$9{,}21^{B}$	1,46	$1438{,}24^{A}$
	50 mM NaHS	$8{,}78^{B}$	0,39	$840{,}81^{B}$
	100 mM NaHS	$8{,}72^{B}$	0,69	$773{,}63^{B}$
	200 mM NaHS	$10{,}42^{B}$	0,68	$1246{,}44^{A}$
	500 mM NaHS	$17{,}21^{A}$	0,39	$832{,}63^{B}$
	F test	16,66	2,34	20,80
	P	**≤0,0001**	0,1026	**≤0,0001**
150 mM NaCl	H_2O	$9{,}94^{BC,c}$	2,07	689,32
	50 mM NaHS	$9{,}46^{C,c}$	0,89	580,07
	100 mM NaHS	$10{,}79^{BC,bc}$	0,44	721,73
	200 mM NaHS	$13{,}89^{A,a}$	0,29	839,48
	500 mM NaHS	$12{,}76^{AB,ab}$	0,74	659,17
	F test	7,55	2.48	2,32
	P	**0,0015**	0,0885	0,1041

Podaci su prosjek četiri ponavljanja; ANOVA, F test; prosjeci označeni različitim slovom se razlikuju prema LSD testu (^{a,b,c} P=0,05; ^{A,B,C} P=0,01).

Značajno najviša razina lipidne peroksidacije je utvrđena kod biljaka paprike zalijevanih s 500 mM otopinom NaHS (17,21 nmol g^{-1}Sv.T.)dok između ostalih varijanti tretmana s NaHS nisu utvrđene statistički značajne razlike u ispitivanom parametru.

Lipidna peroksidacija je proces oksidiranja polinezasićenih masnih kiselina. (Oldham i sur., 1998.). Peroksidacija lipida može izazvati direktna oštećenja stanične membrane smanjujući joj fluidnost, permeabilnost i integritet. Uz direktna oštećenja, produkti koji se oslobađaju pri razgradnji stanične membrane također mogu djelovati kao slobodni radikali te napasti i druge stanične strukture i molekule poput DNA i proteina.

Kod biljaka uzgajanih u uvjetima solnog stresa, F testom je utvrđen značajan utjecaj tretmana s NaHS na razinu lipidne peroksidacije (P=0,0015), s time da je LSD testom utvrđena najviša vrijednost ispitivanog parametra pri višim koncentracijama otopina NaHS

(200 i 500 mM NaHS). 200 mM NaHS (13,89 nmol g^{-1}Sv.T.), te kod 500 mM NaHS (12,76 nmol g^{-1}Sv.T.). Na sadržaj prolina u listovima te lisnu površinu varijante tretmana s NaHS nisu značajno utjecale.

Sličan pokus izveli su Lisjak i suradnici 2012., također su zalijevali biljke paprike otopinama NaCl različitih koncentracija(0, 50, 100 i 200 mM NaCl). Lipidna peroksidacija se značajno povećavala s porastom intenziteta solnog stresa te je najveća vrijednost utvrđena na 200 mM NaCl. Najniže vrijednosti navedenog parametra su utvrđene na tretmanima s donorima H_2S. Autori navode da primjena H_2S smanjuje intenzitet lipidne peroksidacije u uvjetima solnog stresa kod paprike, odnosno da H_2S može povećavati otpornost paprike na solni stres.

U našim istraživanjima dokazan je pozitivan utjecaj nižih koncentracija otopina NaHS (50 i 100 mM NaHS) na smanjenje lipidne peroksidacije, dok su koncentracije 200 i 500 mM povećale lipidnu peroksidaciju te je zbog visokih doza primijenjenog NaHS mogući i fitotoksični učinak na biljke u sprezi sa solnim stresom. Kada pogledamo rezultate lipidne peroksidacije kod kontrolnih biljaka, onda mogući fitotoksični efekat je vidljiv samo kod najviše primijenjene koncentracije NaHS (500 mM) zbog toga jer se ostale vrijednosti lipidne peroksidacije međusobno ne razlikuju (*Tablica 4*).

Prolin kao aminokiselina ne ulazi u reakcije u uvjetima normalnog fiziološkog metabolizma već se akumulira u različitim uvjetima abiotskog stresa kada djeluje kao osmolit tj. osmoprotektant u stanicama. Sprječava gubitak vode i koagulaciju proteina a smatra se da je dio odgovora na stres koji pokreće kaskada signalnih reakcija u nepovoljnim uvjetima okoline te se njegova akumulacija često i koristi kao indikator stresa, naročito osmotskog (Routley 1966.; Stewart 1981.; Maggio i sur. 2002.).

U našem istraživanju, u prosjeku za obje varijante solnog stresa, možemo reći da su tretmani s NaHS značajno smanjili njegov sadržaj (*Tablica 2*) te kada se vrijednosti usporede po varijantama solnog stresa, također je vidljiv isti efekat NaHS međutim dobivene vrijednosti nisu statistički značajno različite (*Tablica 4*).

U varijanti tretmana gdje su biljke zalijevane samo vodom, F testom je utvrđen značajan utjecaj varijante solnog stresa samo na omjer Kl a/Kl b (P=0,0143) gdje je pri 150mM NaCl dobiven značajno veći omjera Kla/Klb (2,82) u usporedbi s kontrolom kod koje je iznosio (2,55) (*Tablica 5).*

Tablica 5. Utjecaj solnog stresa kod paprike (*Capsicum annuum* L.) pri različitim koncentracijama otopine NaHS na sadržaj i omjere kloroplastnih pigmenata (klorofil a, Kl a; klorofil b, Kl b, ukupni klorofili, Kl a+b; karotenoidi, Kar; mg g^{-1} Sv.T., omjer klorofila a i b, Kl a/Kl b; omjer klorofila i karotenoida Kl/Kar).

FAKTOR	VARIJANTA	Kl a	Kl b	Kl a+b	Kar	Kl a/kl b	Kl/kar
H_2O	H_2O	17,09	6,67	23,85	5,14	$2,55^b$	4,61
	150 mM NaCl	18,01	6,41	24,42	5,21	$2,82^a$	4,68
	F test	0,11	0,08	0,02	0,01	11,65	0,38
	P	0,7494	0,7833	0,8918	0,9318	**0,0143**	0,5623
50 mM NaHS	H_2O	$16,52^b$	$5,96^b$	$22,49^b$	4,99	2,78	$4,50^b$
	150 mM NaCl	$20,75^a$	$7,82^a$	$28,58^a$	5,88	2,66	$4,86^a$
	F test	8,40	8,20	8,43	4,83	3,61	22,34
	P	**0,0274**	**0,0287**	**0,0272**	0,0703	0,1064	**0,0032**
100 mM NaHS	H_2O	19,17	6,96	26,13	5,73	2,75	4,59
	150 mM NaCl	16,52	5,89	22,40	4,84	2,80	4,63
	F test	1,96	3,00	2,26	2,03	0,23	0,05
	P	0,2107	0,1338	0,1832	0,2043	0,6516	0,8328
200 mM NaHS	H_2O	18,41	6,76	25,17	5,17	2,73	4,87
	150 mM NaCl	18,34	6,80	25,14	5,46	2,70	4,61
	F test	0,00	0,01	0,00	5,43	0,29	0,90
	P	0,9482	0,9319	0,9852	0,0586	0,6124	0,3788
500 mM NaHS	H_2O	16,25	$7,18^b$	23,43	3,35	$2,27^a$	$7,01^b$
	150 mM NaCl	17,76	$8,11^a$	25,87	3,47	$2,19^b$	$7,46^a$
	F test	4,57	8,07	5,66	0,47	7,87	6,76
	P	0,0765	**0,0295**	0,0548	0,5181	**0,0309**	**0,0406**

Podaci su prosjek četiri ponavljanja; ANOVA, F test; prosjeci označeni različitim slovom se razlikuju prema LSD testu (^{a,b,c} P=0,05; ^{A,B,C} P=0,01).

U tretmanu 50mM NaHS, F testom je utvrđen značajan utjecaj varijante solnog stresa na sadržaj klorofila a (P=0,0274) i klorofila b (P=0,0287), ukupne klorofile (P=0,0272) te omjer klorofila i karotenoida (P=0,0032). LSD testom su utvrđene značajno veće vrijednosti za sva četiri navedena parametra u listovima biljaka uzgajanih pri 150 mM NaCl u usporedbi s kontrolom.

U tretmanima 100mM NaHS i 200 mM NaHS solni stres nije značajno utjecao ni na jedan od ispitivanih parametara dok je pri 500 mM NaHS utvrđen značajan utjecaj varijante solnog stresa na na klorofil b (P=0,0295), omjer klorofila a i b (P=0,0309) te na omjer klorofila i karotenoida (P=0,0406). Značajno veće vrijednosti sadržaja klorofila b te veći omjer klorofila i karotenoida je utvrđen pri 150 mM NaCl, dok je nasuprot tome značajno veći omjer klorofila a i b utvrđen u kontroli. Kod biljaka koje prethodno nisu bile zalijevane otopinom NaHS, F testom je utvrđen značajan utjecaj solnog stresa na površinu listova (P=≤0,0001) te je vrijednost navedenog pokazatelja bila značajno veća kod kontrolnih biljaka (1438,24 mm^2) u usporedbi s utvrđenom pri 150 mM NaCl (689,32 mm^2)

(*Tablica 6).* U varijantama tretmana 50 i 100 mM NaHS, F testom nije utvrđen značajan utjecaj solnog stresa ni na jedan od ispitivanih parametara.

Međutim bitno je izdvojiti razlike kod tretmana sa 50 mM NaHS, te u tretmanu sa 100 mM NaHS, koji nam pokazuju kako nema statistički bitne razlike u lisnim površinama iz čega možemo zaključiti da NaHS, u otopinama ove koncentracije ima ulogu smanjivanja negativnog učinka solnog stresa na lisnu površinu.

Tablica 6. Utjecaj solnog stresa kod paprike (*Capsicum annuum* L.) pri različitim koncentracijama otopine NaHS na razinu lipidne peroksidacije (TBARS) (nmol g^{-1}Sv.T.) i sadržaj prolina (PRO) (µmol g^{-1}Sv.T.) u listovima te ukupnu površinu listova (mm^2).

FAKTOR	VARIJANTA	TBARS	PRO	Pov. Listova
H_2O	H_2O	9,21	1,46	$1438,24^{A}$
	150 mM NaCl	9,94	2,07	$689,32^{B}$
	F test	0,93	0,47	236,83
	P	0,3712	0,5189	**≤0,0001**
50 mM NaHS	H_2O	8,78	0,39	840,8
	150 mM NaCl	9,46	0,89	580,1
	F test	0,34	0,80	3,51
	P	0,5812	0,4059	0,1103
100 mM NaHS	H_2O	8,72	0,69	773,63
	150 mM NaCl	10,79	0,44	721,73
	F test	4,55	0,41	1,00
	P	0,0768	0,5445	0,3565
200 mM NaHS	H_2O	$10,41^{b}$	0,68	$1246,4^{A}$
	150 mM NaCl	$13,89^{a}$	0,29	$839,5^{B}$
	F test	7,34	1,47	13,79
	P	**0,0351**	0,2706	**0,0099**
500 mM NaHS	H_2O	$17,21^{a}$	0,39	$832,63^{a}$
	150 mM NaCl	$12,76^{b}$	0,74	$659,17^{b}$
	F test	11,14	1,83	7,14
	P	**0,0157**	0,2248	**0,0369**

Podaci su prosjek četiri ponavljanja; ANOVA, F test; prosjeci označeni različitim slovom se razlikuju prema LSD testu (^{a,b,c} P=0,05; ^{A,B,C} P=0,01).

Pozitivan efekt NaHS potvrđuje i istraživanje Bao i sur. (2011.) koji istražuju utjecaj egzogenog H_2S na kultivaru pšenice LM15 osjetljivog na solni stres. Rezultati pokazuju kako tretmani sjemena s 0,01, 0,05, 0,09 i 1,3 mM NaHS kroz 12 sati značajno ublažavaju inhibiciju klijanja sjemena, odnosno povećavaju indeks klijanja i rast mladih biljaka u uvjetima solnog stresa od 100 mM NaCl, ovisno o koncentraciji NaHS.

Pri tretmanima s 200 i 500 mM NaHS utvrđen je značajan utjecaj solnog stresa na lipidnu peroksidaciju i lisnu površinu te su pri obje navedene varijante značajno veće vrijednosti lisne površine utvrđene kod kontrolnih biljaka u usporedbi s onima uzgajanih u prisustvu 150 mM NaCl. Značajno veća razina lipidne peroksidacije pri 200 mM NaHS je utvrđena u listovima paprike uzgajane pri 150 mM NaCl dok nasuprot tome, u varijanti tretmana 500 mM NaHS, utvrđena vrijednost navedenog pokazatelja stresa je bila značajno viša u kontroli.

4. ZAKLJUČAK

U prosjeku za obje varijante solnog stresa primijenjeni tretmani NaHS nisu značajno djelovali na sadržaj klorofila a i b, a time ni na ukupne klorofile.

Ukupni sadržaja karotenoida je bio najniži u varijanti tretmana 500 mM NaHS a time je i omjer klorofila i karotenoida bio značajno viši pri spomenutoj koncentraciji primijenjenog NaHS.

Pri 50 mM NaHS utvrđene su značajno više vrijednosti klorofila a i b na solnom stresu u usporedbi s kontrolom.

U prosjeku za obje varijante solnog stresa razine lipidne peroksidacije se nisu značajno razlikovale kod kontrole, te dviju nižih koncentracija NaHS (50 i 100 mM) što upućuje na moguću zaštitnu ulogu NaHS kroz smanjenje peroksidacije lipida u uvjetima solnog stresa

Također pri solnom stresu (150 mM NaCl) pri koncentraciji primijenjenog NaHS 100 mM, utvrđene su razine lipidne peroksidacije slične onima kod kontrolnih biljaka.

Najviša razina lipidne peroksidacije zabilježena je pri tretmanu s 500 mM NaHS te je moguće da ovako visoke doze, bez obzira što su aplicirane u supstrat, mogu djelovati i fitotoksično.

Primijenjeni tretmani NaHS su značajno smanjili sadržaj slobodnog prolina u listovima paprike u obje varijante solnog stresa (kontrola i 150 mM NaCl).

Površina listova kod kontrolnih biljaka bila je značajno manja u uvjetima solnog stresa u usporedbi s varijantom gdje su biljke zalijevane vodom, dok se vrijednosti spomenutog pokazatelja pri tretmanima 50 i 100 mM NaHS nisu značajno razlikovale, što opet upućuje na mogući pozitivni učinak H_2S u uvjetima solnog stresa.

Različito djelovanje NaHS na ispitivane pokazatelje moguće je uslijed primijenjenih koncentracija koje su bile nešto više zbog toga jer su biljke zalijevane otopinama a ne prskane po listovima kao što je to slučaj u većini istraživanja. Korištene su nešto više koncentracije navedenog spoja pošto veliki dio iz NaHS volatilizira ili pak bude neutraliziran komponentama u sastavu supstrata pa je upitno njegovo usvajanje i djelovanje na biljku.

5. POPIS LITERATURE

1. Bates, L.S., Waldern, R.P., Teare, I.D. (1973.): Rapid determination of free prolin for water stress studies. Plant and Soil 39, 205-207.

2. Chen J., Wang W., Wu F., He E., Liu X., Shangguan Z., Zheng H., (2015.), Hydrogen sulfide enhances salt tolerance through nitric oxide-mediated maintenance of ion homeostasis in barley seedling roots. *Scientific reports* 5, 12516.

3. Chen K., Arora R., (2011.), Dynamics of the antioxidant system during seed osmopriming, post-priming germination, and seedling establishment in Spinach (*Spinacia oleracea*).,*Plant Science* 180(2), 212-220.

4. Christou A., Manganaris G., 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. Filipović I., Lipanović S., *Opća i anorganska kemija*. Školska knjiga, 1995.

6. Hancock J., Lisjak M., Teklic T., Wilson I., Whiteman M., (2001.), Hydrogen sulphide and signalling in plants. *Plant Sciences Reviews* 33.

7. Heath, Robert L., and Lester Packer (1968.), Photoperoxidation in isolated chloroplasts: I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. *Archives of biochemistry and biophysics* 125(1), 189-198.

8. Ince A., Karaca M., Onus N., (2010.), Genetic relationships within and between Capsicum species. *Biochemical genetics* 48(1-2), 83-95.

9. Jaleel, C.A., Sankar, B., Sridharan, R. and Panneerselvam, R., (2008.), Soil salinity alters growth, chlorophyll content, and secondary metabolite accumulation in Catharanthus roseus. Turkish Journal of Biology, 32(2), 79-83.

10. Kao, W-Y., and T-T. Tsai. (1998.), Tropic leaf movements, photosynthetic gas exchange, leaf δ13C and chlorophyll a fluorescence of three soybean species in response to water availability., *Plant, Cell & Environment* 21(10), 1055-1062.

11. Kao W., Tsai T., Tsai H., Shih C., (2006.), Response of three Glycine species to salt stress., *Environmental and Experimental Botany* 56(1), 120-125.

12. Kastori R., Petrović N., Arsenijević-Maksimović I., (1997.), Teški metali u životnoj sredini., *Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad*, 197-257.

13. Kheder, A.H.A., Mohammad, A.A., Amal, A.A.W., Quick, W.P., Abogadallah, G.M. (2003.), Proline induces the expression of salt stress responsive proteins and may improve the adaptation of Pancratium maritimum L. to salt stress. Journal of Experimental Botany 54 (392), 2553-2562.

14. Koca, H., Bor, M., Özdemir, F. and Türkan, I., (2007.), The effect of salt stress on lipid peroxidation, antioxidative enzymes and proline content of sesame cultivars. *Environmental and Experimental Botany*, 60(3), 344-351.

15. Koch M., Mendelssohn I., McKee K., (1998.), Mechanism for the hydrogen sulfide-induced growth limitation in wetland macrophytes., *Limnology and Oceanography* 35(2), 399-408.

16. Lisjak M., (2012.), Interakcije H_2S i NO u prijenosu signala u listovima uročnjaka (Arabidopsis thaliana L.) i paprike (Capsicum annuum L.)., *Poljoprivreda* 18(1), 71-71.

17. Lisjak, M., Špoljarević, M., Agić, D., Andrić, L. (2009.): Praktikum iz fiziologije bilja-ispitivanje kakvoće sjemena, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek.

18. Maggio A, Miyazaki S, Veronese P, Fujita T, Ibeas J I, Damsz B, Narasimhan ML, Hasegawa PM, Joly RJ, Bressan RA (2002.), Does proline accumulation play an active role in stress-induced growth reduction. *Plant Journal* 31, 699–712.

19. Metwali E., Almaghrabi O., (2013.), Application of phonotypical and molecular genetic markers as screening techniques for seawater tolerance in different wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes under exogenously applied proline., *Archives Des Sciences* 66(1).

20. Parađiković, N. (2009.), Opće i specijalno povrćarstvo. Poljoprivredni fakultet u Osijeku, Osijek, 228-260.

21. Rennenberg, Heinz. (1983.), Role of O-acetylserine in hydrogen sulfide emission from pumpkin leaves in response to sulfate. *Plant Physiology* 73(3), 560-565.

22. Routley DG (1966.), Proline accumulation in wilted ladino clover leaves. Crop Sci. 6: 358-361.

23. Stewart CR (1981.), Proline accumulation: Biochemical aspects. In: Paleg LG, Aspinall D (Eds), Physiology and Biochemistry of drought resistance in plants, 243-251.

24. Szabados L., Savoure A., (2010.), Proline: a multifunctional amino acid., *Trends in plant science* 15(2), 89-97.

25. Wang R., (2012.), Physiological implications of hydrogen sulfide: a whiff exploration that blossomed., *Physiological reviews* 92(2), 791-896.

26. Weisany, W., Sohrabi, Y., Heidari, G., Siosemardeh, A. and Ghassemi-Golezani, K., (2012.), Changes in antioxidant enzymes activity and plant performance by salinity stress and zinc application in soybean (*Glycine max* L.). *Plant Omics*, 5(2), 60.

27. Yang Y., Shuangshuang L., (2015.), Hydrogen Sulfide Inhibits Flowering but Hastens New Leaf Growth in Bok Choy (Chinese Cabbage)., *Journal of Emerging Investigators*

28. Yu, L., Nie, J., Cao, C., Jin, Y., Yan, M., Wang, F., Liu, J., Xiao, Y., Liang, Y. and Zhang, W., (2010.), Phosphatidic acid mediates salt stress response by regulation of MPK6 in Arabidopsis thaliana. *New Phytologist*, 188(3), 762-773.

29. Zhang, H., Hu L., Wang S., Hu K., Bao L., LuoJ., (2010.), Hydrogen sulfide promotes wheat seed germination under osmotic stress., *Russian Journal of Plant Physiology* 57(4), 532-539.

WEB:

1. http://www.plantea.com.hr/paprika/
2. https://www.uni-oldenburg.de/en/biology/landeco/download-and-service/

6. SAŽETAK

Mnogobrojnim istraživanjima su dokazivani pozitivni učinci niskih koncentracija H_2S na fiziološki odgovor kod biljaka u uvjetima različitih tipova abiotskog stresa. Djelovanje NaHS kao donora H_2S na biljke se ispituje već dugih niz godina. U završnom radu ispitivan je utjecaj otopina različitih koncentracija NaHS (0, 50, 100, 200 i 500 mM) apliciranih u supstrat na biljke paprike (*Capsicum annuum* L.) uzgajane pri 150 mM NaCl. U prosjeku za obje varijante solnog stresa primijenjeni tretmani NaHS nisu značajno djelovali na sadržaj klorofila dok je najviša koncentracija NaHS značajno smanjila sadržaj karotenoida.50 i 100 mM NaHS značajno je smanjilo lipidnu peroksidaciju u uvjetima solnog stresa. NaHS je smanjio sadržaj prolina u listovima paprike u obje varijante solnog stresa. Pri tretmanima s 50 i 100 mM NaHS površine listova kod biljaka na stresu i kontrole se nisu značajno razlikovale. Dobiveni rezultati upućuju na mogući pozitivni učinak niskih koncentracija H_2S u uvjetima solnog stresa na biljke paprike.

Ključne riječi: paprika, sumporovodik, NaHS, solni stres, lipidna peroksidacija, prolin, kloroplastni pigmenti

7. SUMMARY

Numerous researches have proven the positive effects of low H_2S concentrations on the physiological plant response in the conditions of various types of abiotic stress. The effect of donor NaHS on plants has been examined over the course of many years. This final thesis shows ways in which solutions of various NaHS concentrations (0, 50, 100, 200 i 500 mM) affect paprika plant (Capsicum annuum L.) supstrate. The plant has been cultivated at 150mM NaCl. On average, in both variants of NaCl stress, clorophyll contents were virtually unaffected by the applied NaHS treatments, whereas the highest NaHS concentration has significantly reduced the carotenoid content. 50 and 100 mM NaHS have significantly reduced the lipid peroxidation in the conditions of NaCl stress. In the case of 50 and 100 mM NaHS treatments, no obvious distinction was visible on the leaf surfaces of the NaCl-stressed plants and those of the control samples. The obtained results could be an indication of the positive effect of low H_2S concentrations on the NaCl-stressed paprika plants.

Key words: pepper, hydrogen sulfide, NaHS, salt stress, lipid peroxidation, proline, chloroplast pigments

8. POPIS TABLICA

Tablica 1. Utjecaj tretmana paprike (*Capsicum annuum* L.) s otopinom NaHS i solnog stresa na sadržaj i omjere kloroplastnih pigmenata (klorofil a, Kl a; klorofil b, Kl b, ukupni klorofili, Kl a+b; karotenoidi, Kar; mg g^{-1}Sv.T., omjer klorofila a i b, Kl a/Kl b; omjer klorofila i karotenoida Kl/Kar).

Tablica 2. Utjecaj tretmana paprike (*Capsicum annuum* L.) s otopinom NaHS i solnog stresa na razinu lipidne peroksidacije (TBARS)(nmol g^{-1}Sv.T.) i sadržaj prolina (PRO)(µmol g^{-1}Sv.T.) u listovima te ukupnu površinu listova (mm^2).

Tablica 3. Utjecaj tretmana paprike (*Capsicum annuum* L.) s otopinom NaHS u prisutstvu odnosno bez prisutstva NaCl na sadržaj i omjere kloroplastnih pigmenata (klorofil a, Kl a; klorofil b, Kl b, ukupni klorofili, Kl a+b; karotenoidi, Kar; mg g^{-1} Sv.T., omjer klorofila a i b, Kl a/Kl b; omjer klorofila i karotenoida Kl/Kar).

Tablica 4. Utjecaj tretmana paprike (*Capsicum annuum* L.) s otopinom NaHS u prisustvu, odnosno bez prisustva NaCl na razinu lipidne peroksidacije (TBARS) (nmol g^{-1}Sv.T.) i sadržaj prolina (PRO) (µmol g^{-1}Sv.T.) u listovima te ukupnu površinu listova (mm^2).

Tablica 5. Utjecaj solnog stresa kod paprike (*Capsicum annuum* L.) pri različitim koncentracijama otopine NaHS na sadržaj i omjere kloroplastnih pigmenata (klorofil a, Kl a; klorofil b, Kl b, ukupni klorofili, Kl a+b; karotenoidi, Kar; mg g^{-1} Sv.T., omjer klorofila a i b, Kl a/Kl b; omjer klorofila i karotenoida Kl/Kar).

Tablica 6. Utjecaj solnog stresa kod paprike (*Capsicum annuum* L.) pri različitim koncentracijama otopine NaHS na razinu lipidne peroksidacije (TBARS) (nmol g^{-1}Sv.T.) i sadržaj prolina (PRO) (µmol g^{-1}Sv.T.) u listovima te ukupnu površinu listova (mm^2).

9. POPIS SLIKA

Slika 1. Paprika-*Capsicum annuum* L.

Slika 2. Sjetva paprike u plastične čaše

Slika 3. Prikaz programa Leaf Area FOR Everyone by Veiko Lehsten

Slika 4. Miješanje uzorka tkiva na vrtložnoj treskalici.

10. POPIS GRAFIKONA

Grafikon 1. Omjer klorofila i karotenoida u listovima paprike

Grafikon 2. Utjecaj solnog stresa u različitim koncentracijama i vremenskom periodu na lisnu površinu klijanaca ječma.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku
Poljoprivredni fakultet u Osijeku
Završni rad

UTJECAJ NATRIJ HIDROGENSULFIDA NA POKAZATELJE RASTA PAPRIKE

(*Capsicum annuum* L.)

THE INFLUENCE OF SODIUM HYDROSULFIDE ON GROWTH PARAMETERS OF PEPPER
(*Capsicum annuum* L.)

Marijan Dragičević

Sažetak: Mnogobrojnim istraživanjima su dokazivani pozitivni učinci niskih koncentracija H2S na fiziološki odgovor kod biljaka u uvjetima različitih tipova abiotskog stresa. Djelovanje NaHS kao donora H2S na biljke se ispituje već dugih niz godina. U završnom radu ispitivan je utjecaj otopina različitih koncentracija NaHS (0, 50, 100, 200 i 500 mM) apliciranih u supstrat na biljke paprike (*Capsicum annuum* L.) uzgajane pri 150 mM NaCl. U prosjeku za obje varijante solnog stresa primijenjeni tretmani NaHS nisu značajno djelovali na sadržaj klorofila dok je najviša koncentracija NaHS značajno smanjila sadržaj karotenoida. 50 i 100 mM NaHS značajno je smanjilo lipidnu peroksidaciju u uvjetima solnog stresa. NaHS je smanjio sadržaj prolina u listovima paprike u obje varijante solnog stresa. Pri tretmanima s 50 i 100 mM NaHS površine listova kod biljaka na stresu i kontrole se nisu značajno razlikovale. Dobiveni rezultati upućuju na mogući pozitivni učinak niskih koncentracija H2S u uvjetima solnog stresa na biljke paprike.

Ključne riječi: paprika, sumporovodik, NaHS, solni stres, lipidna peroksidacija, prolin, kloroplastni pigmenti

Summary: Numerous researches have proven the positive effects of low H_2S concentrations on the physiological plant response in the conditions of various types of abiotic stress. The effect of donor NaHS on plants has been examined over the course of many years. This final thesis shows ways in which solutions of various NaHS concentrations (0, 50, 100, 200 i 500 mM) affect paprika plant (Capsicum annuum L.) supstrate. The plant has been cultivated at 150mM NaCl. On average, in both variants of NaCl stress, clorophyll contents were virtually unaffected by the applied NaHS treatments, whereas the highest NaHS concentration has significantly reduced the carotenoid content. 50 and 100 mM NaHS have significantly reduced the lipid peroxidation in the conditions of NaCl stress. In the case of 50 and 100 mM NaHS treatments, no obvious distinction was visible on the leaf surfaces of the NaCl-stressed plants and those of the control samples. The obtained results could be an indication of the positive effect of low H_2S concentrations on the NaCl-stressed paprika plants.

Key words: pepper, hydrogen sulfide, NaHS, salt stress, lipid peroxidation, proline, chloroplast pigments

Datum obrane: