

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

Marin Cukrov, Luka Jerončić, Leon Prelogović

**Utjecaj kontroliranog vodnog stresa na sadržaj bioaktivnih spojeva u hidroponskom  
uzgoju rikole (*Eruca sativa* Mill.) i špinata (*Spinacia oleracea* L.)**

**Zagreb, 2017.**

Ovaj rad izrađen je na Agronomskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu u laboratoriju Zavoda za poljoprivrednu tehnologiju, skladištenje i transport, pod vodstvom mentorice doc. dr. sc. Jane Šic Žlabur i predan je na natječaj za dodjelu Rektorove nagrade u akademskoj godini 2016./2017.

## **POPIS KORIŠTENIH KRATICA**

ARP – rikola u perlitu pri intervalu navodnjavanja od 24 h

ARS – rikola u mješavini perlit:treset (1:4) pri intervalu navodnjavanja od 24 h

BRP – rikola u perlitu pri intervalu navodnjavanja od 48 h

BRS – rikola u mješavini perlit:treset (1:4) pri intervalu navodnjavanja od 48 h

AŠP – špinat u perlitu pri intervalu navodnjavanja od 24 h

AŠS – špinat u mješavini perlit:treset (1:4) pri intervalu navodnjavanja od 24 h

BŠP – špinat u perlitu pri intervalu navodnjavanja od 48 h

BŠS – špinat u mješavini perlit:treset (1:4) pri intervalu navodnjavanja od 48 h

DNS – dana nakon sjetve

## SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. OPĆI I SPECIFIČNI CILJEVI RADA .....	3
3. MATERIJAL I METODE .....	4
3.1. Biljni materijal .....	4
3.2. Sustav „plime i oseke“ .....	8
3.3. Hraniva otopina .....	10
3.4. Metode .....	12
3.5. Statistička obrada podataka .....	14
4. REZULTATI .....	15
4.1. Osnovni kemijski sastav .....	15
4.2. Mineralni sastav .....	18
4.3. Bioaktivni spojevi .....	20
4.4. Pigmentni spojevi .....	25
4.5. Antioksidacijski kapacitet .....	29
5. RASPRAVA .....	31
5.1. Osnovni kemijski sastav .....	31
5.2. Mineralni sastav .....	32
5.3. Bioaktivni spojevi .....	33
5.4. Pigmentni spojevi .....	36
5.5. Antioksidacijski kapacitet .....	38
6. ZAKLJUČCI .....	40
7. ZAHVALE .....	41
8. POPIS LITERATURE .....	42
9. SAŽETAK .....	49
10. SUMMARY .....	50

## 1. UVOD

Rikola i špinat, povrtna su vrste koje predstavljaju značajan izvor bioaktivnih spojeva uključenih u mehanizme prevencije raznih bolesti (Gil i sur. 1999; Bergquist i sur. 2005). Bioaktivne spojeve i sekundarne metabolite poput vitamina C, karotenoida, glukozinolata te polifenola karakterizira izražena antioksidacijska aktivnost. Budući da su navedeni spojevi sposobni spariti elektrone slobodnih radikala, aktivirati antioksidacijske enzime, inhibirati oksidaze i N-nitrozo spojeve te kancerogene nitrozamine, jasna je njihova zdravstvena važnost za ljudski organizam. Različiti autori navode brojne kemozaštitne karakteristike navedenih spojeva (Bennet i sur., 2002; Barillari i sur. 2005; Kim i Ishii 2006; Bennet i sur., 2006, Heimler i sur. 2007; Bennet i sur., 2007), a u novije vrijeme, među istraživačima pozornost privlače i glukozinolati. Odnosno, sekundarni metaboliti specifični za porodicu krstašica (*Cruciferaeae*) za koje se smatra da se sintetiziraju pri uvjetima stresa (vodni, ionski, ozljede, štetnici i sl.) (Wink, 2010; Ramegowda i Senthil-Kumar, 2015). Unatoč tome što su glukozinolati biološki inaktivne molekule, produkti njihove hidrolize, koju katalizira enzim mirosinaza, pokazuju snažna kemozaštitna svojstva pri *in vitro* uvjetima (Batra i sur. 2010; Kronbak i sur. 2010; Wagner i sur. 2010). No, potpuni mehanizmi i stimulansi sinteze glukozinolata, još uvijek nisu dovoljno razjašnjeni.

Brojne fitokemikalije produkti su različitih metaboličkih puteva na čiju ekspresiju utječu abiotički, biotički, ali i antropogeni čimbenici. Tijekom svog životnog ciklusa, biljke se susreću s mnogim stresnim čimbenicima koji direktno djeluju na razne fiziološke procese. Vodni stres je jedan od glavnih abiotičkih čimbenika koji uz to što utječe na razvoj biljaka, značajno djeluje i na sadržaj te profil bioaktivnih spojeva i sekundarnih metabolita (Mewis i sur., 2012). Osim vodnog stresa, značajan utjecaj na bioaktivne spojeve pokazuje i dostupnost biogenih elemenata ponajviše dušika. Primjerice, uočen je utjecaj dušičnog stresa na sadržaj ukupnih fenola (Estiarte i sur., 1994; Radman, 2015), pri čemu je smanjena dostupnost dušika rezultirala povećanjem sadržaja ukupnih fenola i obrnuto. Agrotehničkim mjerama kroz različite fenofaze razvoja biljaka može se utjecati na sadržaj brojnih kemijskih spojeva, posebice bioaktivnih. Uz agrotehničke mjere, na sadržaj bioaktivnih spojeva i fitokemikalija općenito, utječe i sam način proizvodnje. Proteklih godina na inozemnom tržištu zabilježen je porast potrošnje lisnatog povrća ubranog prije tehnološke zrelosti, u tzv. „baby“ fazi rasta. Također, značajna je i potražnja za minimalno procesiranim lisnatim povrćem. Hidroponskom proizvodnjom lisnatog povrća moguće je adekvatno i rentabilno zadovoljiti zahtjeve tržišta.

Takvim načinom proizvodnje, uz pravilno planiranje, moguć je sukcesivan otkos kroz čitavu godinu, veći prinos te visok higijenski standard i zdravstvena ispravnost hrane. Sustavi hidroponske proizvodnje koje se najčešće koriste pri proizvodnji lisnatog povrća su tehnika plutajućih polistirenskih kontejnera te sustav „plime i oseke“ (Lešić i sur., 2016). Navedene hidroponske sustave temeljno razlikuje interval opskrbe hranivom otopinom. Korištenjem sustava plutajućeg hidropona, biljke plutaju na otopini te su im hraniva konstantno dostupna. Pri korištenju sustava plime i oseke te regulacijom vremenskog intervala između dva navodnjavanja hranivom otopinom, moguće je utjecati na morfološke i nutritivne karakteristike biljaka (Erken i sur., 2013 ). Kao i upotrebom različitih režima navodnjavanja, na rast i razvoj biljaka u hidroponskoj proizvodnji moguće je utjecati i korištenjem različitih supstrata. Učinkovita proizvodnja povrća zahtjeva brz i uniforman razvoj biljaka, za što je uvelike odgovoran i sam uzgojni medij (Perez i Ferre, 2010). Mnoge materijale, korištene samostalno ili međusobno miješane, moguće je upotrijebiti kao supstrat sve dok njihove fizikalne, kemijske i biološke karakteristike odgovaraju uzgajanoj vrsti (Perez i Ferre, 2010). Naravno, različiti materijali variraju u cijeni, ali i konačnom prinosu, stoga se supstrate općenito svrstava među osnovne čimbenike rentabilne hidroponske proizvodnje. Sadržaj bioaktivnih spojeva u biljci varira i kroz različite fenofaze. Primjerice, poznato je da kod određenih biljnih vrsta sadržaj bioaktivnih spojeva poput fenola značajno oscilira tijekom fenofaza rasta (Fico i sur., 2000). Praćenjem promjena njihovog sadržaja kroz različite fenofaze, moguće je utvrditi vrijeme berbe u kojoj je koncentracija korisnih, kemozaštitnih spojeva najviša. Usporedbom režima navodnjavanja, upotrebom različitih supstrata te analizom sadržaja bioaktivnih spojeva kroz različite fenofaze, moguće je unaprijediti tehnologiju uzgoja i osigurati veću nutritivnu kvalitetu lisnatog povrća.

## **2. OPĆI I SPECIFIČNI CILJEVI RADA**

Opći cilj ovog rada bio je utvrditi utjecaj vodnog stresa korištenjem hidroponske tehnike „plime i oseke“ pri uzgoju rikole i špinata. Također, ispitati utjecaj navedene tehnike na nutritivnu vrijednost istraživanih vrsta lisnatog povrća.

Specifični cilj ovog rada bio je utvrditi utjecaj različitih režima navodnjavanja (24 h i 48 h) i uzgojnih supstrata (perlit, mješavina perlit:treset 1:4) na sadržaj bioaktivnih spojeva: vitamin C, fenolne spojeve (flavonoide i neflavonoide), pigmentne spojeve (klorofile i karotenoide) te glukozinolate rikole i špinata kroz tri roka berbe.

### 3. MATERIJALI I METODE

#### 3.1. Biljni materijal

Istraživanje je provedeno u eksperimentalnom, grijanom plasteniku Agronomskog fakulteta u Zagrebu (n.m. 128 m, 45°49'33.208" s.g.š i 16°1'42.832" i.g.d.) u trajanju od 2 mjeseca na lisnatim povrtnim vrstama rikoli (*Eruca sativa* L.) i špinatu (*Spinacia oleracea* L.). Za potrebe istraživanja korišteno je sjeme rikole kultiviranog varijeteta *Rucola coltivata* od dobavljača Mladen commerc d.o.o. (Hrvatska) te sjeme špinata F-1 hibrida *Kookaburra RZ* (*Rijk Zwaan B.V.*) od dobavljača Kadmo d.o.o (Hrvatska).

Navedene povrtno vrste sijane su ručno u polistirenske kontejnere u dva različita supstrata. Korišteni su polistirenski kontejneri (Plastform d.o.o., Hrvatska) dimenzija 53x31 cm, s 40 lončića volumena 78 mL. Biljke su uzgajane u sljedećim supstratima: perlit (Agroperl-G <6mm, Europerl, Hrvatska) i mješavini perlit:treset (1:4) (Potgrond H, Klasmann, Njemačka). Zbog odabira adekvatnog supstrata za uzgoj navedenih povrtnih vrsta provedeno je mjerenje volumnog sadržaja vode (jednadžba 1) prema postupku opisanom od Gent i McAvoy (2011). Lončići (volumena 78 mL) sa sljedećim supstratima: perlit te mješavine perlit:treset u omjerima 50:50, 60:40, 70:30 i 80:20 vagani su prije ( $m_1$ ) i poslije natapanja vodom ( $m_2$ ) prilikom čega je korišten ukupni volumen vode od 1 L, a natapanje različitih supstrata provedeno je u trajanju od 6 min. Prema dobivenim rezultatima volumnog vodnog sadržaja (VVS) u različitim supstratima utvrđeno je da najveću vrijednost istog pokazuju perlit (0,033 L L<sup>-1</sup>) te mješavina supstrata perlit:treset u omjeru 80:20 (0,028 L/L) te su isti odabrani kao uzgojni medij za potrebe ovog istraživanja.

$$VVS (L/L) = \frac{m_2 - m_1}{V} \quad (1)$$

Prema kojoj je:

VVS - volumni vodni sadržaj (L/L)

$m_1$  - masa lončića i supstrata prije natapanja vodom (g)

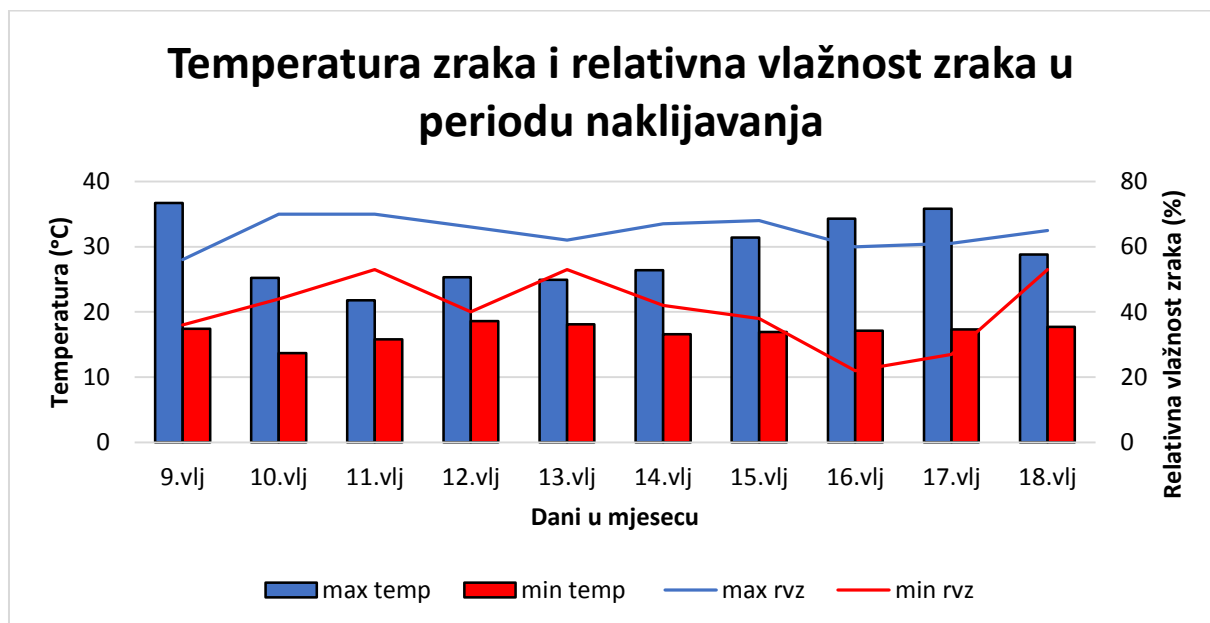
$m_2$  - masa lončića sa supstratom nakon natapanja vodom (g)

V – ukupni volumen (g ekvivalent vode)



U pokusu je ukupno korišteno 70 kontejnera od kojih je 35 napunjeno perlitom, a drugih 35 mješavinom perlit:treset (1:4). Prilikom sjetve po lončiću je sijano 7 sjemenki rige i 5 sjemenki špinata. Sjetva obiju povrtnih vrsta je provedena 9.2.2017.

Naklijavanje rikole i špinata provedeno je u grijanom plasteniku s održavanom prosječnom temperaturom od 23 °C i prosječnom relativnom vlagom zraka od 52 %. Temperatura i relativna vlaga zraka mjerene su svakodnevno što je prikazano na Slici 1.



Slika 1. Temperatura i relativna vlažnost zraka u periodu naklijavanja rikole i špinata

Rikola je u supstratu perlit:treset (1:4) ostvarila potpuno nicanje (100 %) 13. veljače, odnosno 4 dana nakon sjetve, a u perlitu 14. veljače odnosno 5 dana nakon sjetve (Slika 2).



Slika 2. Potpuno nicanje rikole u mješavini perlit:treset 1:4 (foto: Cukrov, Jerončić, Prelogović, 2017)

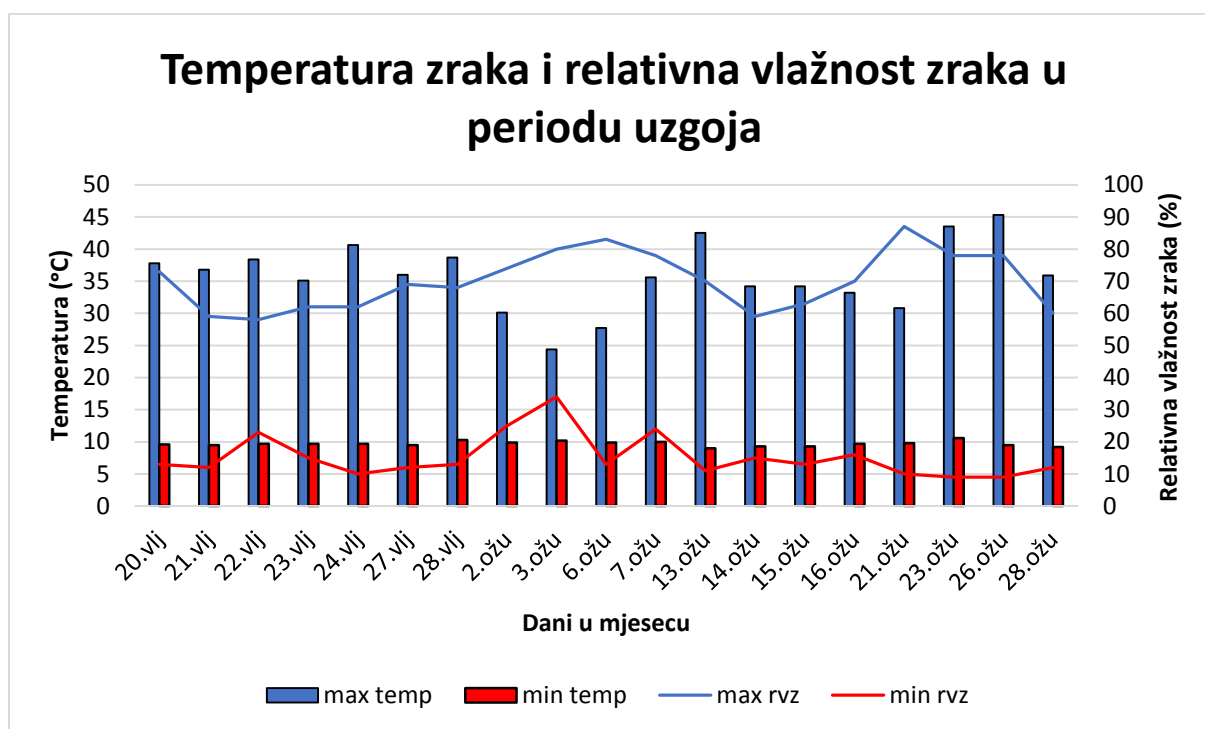
Špinat je u supstratu perlit:treset (1:4) ostvario potpuno nicanje (100 %) 17. veljače, 8 dana nakon sjetve, a u perlitu 20. veljače, 11 dana nakon sjetve (Slika 3).



Slika 3. Potpuno nicanje špinata u mješavini perlit:treset 1:4 (foto: Cukrov, Jerončić, Prelogović, 2017)

U supstratu perlit:treset (1:4) ostvaren je veći postotak nicanja (95 %) dok je u perlitu ostvaren postotak od 90 % za obje vrste. Nakon razdoblja naklijavanja biljke su u fazi kotiledona prebačene u drugi, grijani, zaštićeni prostor. Riga je prebačena 15. veljače, 6 dana nakon sjetve, dok je špinat prebačen 17. veljače odnosno 8 dana nakon sjetve. Opskrba biljaka hranivom otopinom započela je 17. veljače.

Istraživane povrtne vrste ubrane su u tri različita roka berbe. Kod rikole prvi rok berbe bio je 27 dana nakon sjetve (DNS), drugi 34 DNS, a treći rok 41 DNS. Rokovi berbe špinata bili su: 34 DNS (prvi rok), 41 DNS (drugi rok) i 47 DNS (treći rok). Tijekom uzgojnog procesa rikole i špinata u grijanom plasteniku sustavom „plime i oseke“ praćene su temperatura (srednje vrijednosti 22,7 °C) i relativna vlažnost zraka (42 %) što je prikazano na Slici 4.



Slika 4. Temperatura i relativna vlažnost zraka u grijanom plasteniku tijekom uzgoja rikole i špinata sistemom „plime i oseke“

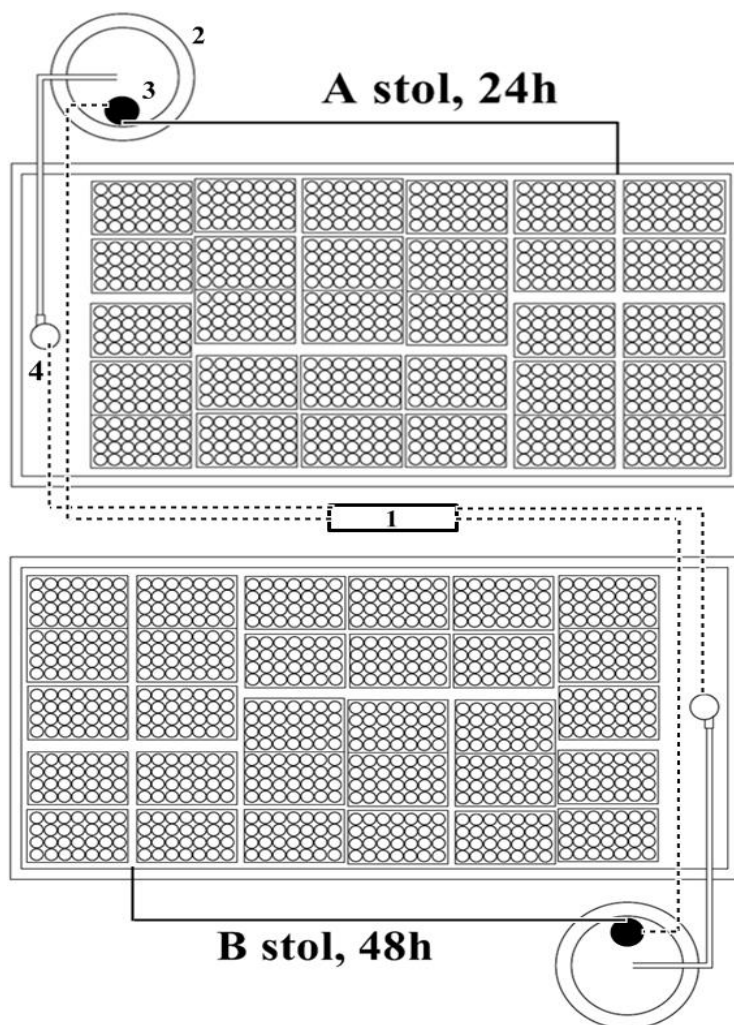
### 3.2. Sustav „plime i oseke“

Hidroponski uzgoj rikole i špinata u sustavu „plime i oseke“ postavljen je u grijanom zaštićenom prostoru po slučajnom bloknom rasporedu (Slika 5).



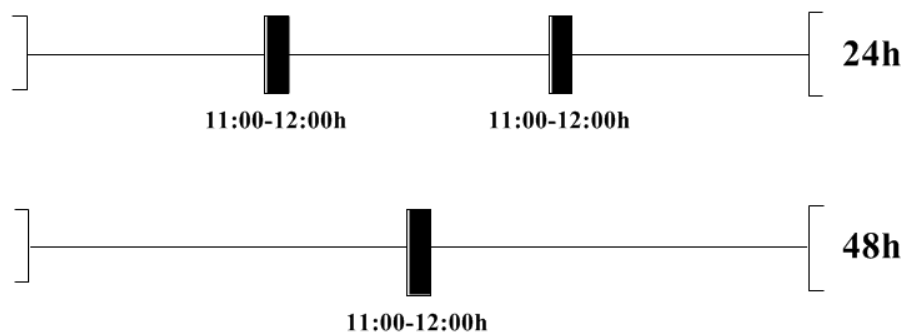
Slika 5. Hidroponski uzgoj rikole i špinata u sustavu „plime i oseke“ (foto: Cukrov, Jerončić, Prelogović, 2017)

Uzgoj biljaka u sustavu „plime i oseke“ proveden je na dva aluminijska stola dimenzija 4x2 m. Unutar stolova postavljene su plastične kadice s drenažnim kanalima dubine 1 cm. Za potrebe pokusa, stolove smo opremili automatiziranim sustavom za dovod i odvod hranive otopine. Svaki od dva stola povezan je vrtnim crijevom sa spremnikom hranive otopine. U spremnike je smještena potopna crpka (Einhell BG-PP 1750 N, Einhell AG, Njemačka), a na stolovima je postavljena crpka za odvod otopine (Bilge pump 500 GPH, ITT Industries, SAD). Crpke su povezane s vremenskim relejima programiranim da u određenim intervalima dovode i odvođe hranivu otopinu sa stolova. Shematski prikaz automatizacije sustava dovoda i odvoda hranive otopine u sustavu „plime i oseke“ prikazan je na Slici 6.



Slika 6. Shematski prikaz zatvorenog hidroponskog sustava „plime i oseke“: 1) vremenski releji; 2) spremnik s hranivom otopinom; 3) crpka za dovod hranive otopine; 4) crpka za odvod hranive otopine

U prvom su stolu crpke bile programirane za dovođenje hranive otopine u intervalu od 24 h (stol A), dok su u drugom bile programirane za interval od 48 h (stol B) (Slika 7). Biljke su navodnjavane u trajanju od 1 h, u intervalu od 11:00 do 12:00 h.



Slika 7. Vremenski intervali navodnjavanja rikole i špinata u sustavu „plime i oseke“

Dizajn eksperimenta za potrebe uzgoja rikole i špinata u hidroponskom sustavu „plime i oseke“ s variranim čimbenicima navodnjavanja i supstrata prikazan je u Tablici 1.

Tablica 1. Dizajn eksperimenta

Stol	Vrsta	Broj kontejnera	Supstrat	Interval navodnjavanja	Tretmani
A	Rikola	8	Perlit	24 h	ARP
A	Špinat	8	Perlit	24 h	AŠP
A	Rikola	8	Perlit:treset(1:4)	24 h	ARS
A	Špinat	8	Perlit:treset(1:4)	24 h	AŠS
B	Rikola	8	Perlit	48 h	BRP
B	Špinat	8	Perlit	48 h	BRP
B	Rikola	8	Perlit:treset(1:4)	48 h	BRS
B	Špinat	8	Perlit:treset(1:4)	48 h	BŠS

### 3.3. Hraniva otopina

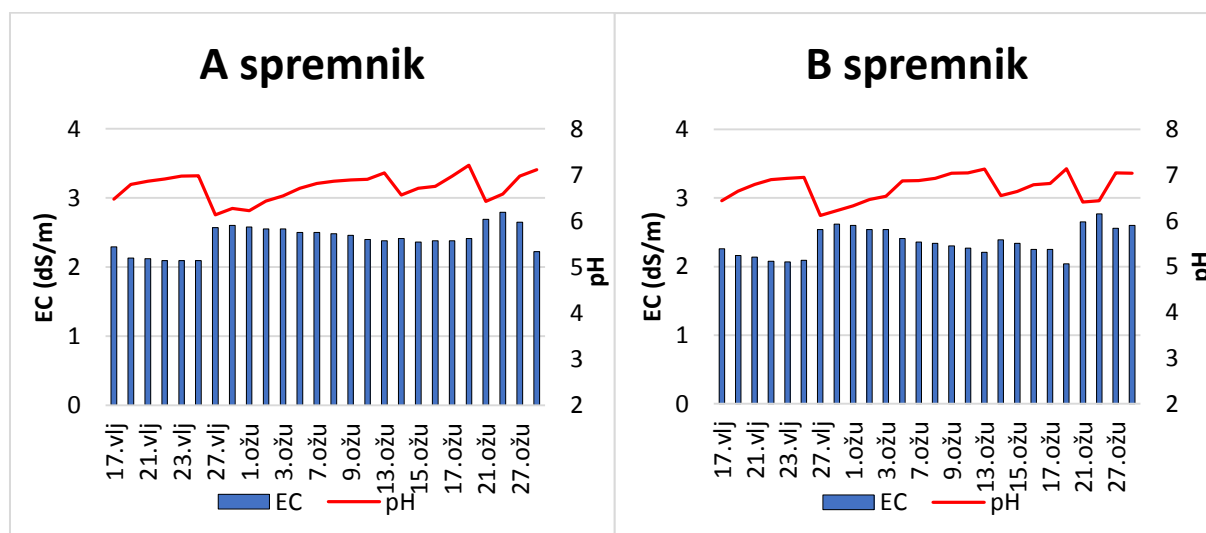
Hraniva otopina je pripravljena kao koncentrat volumena 10 L, a potom je prebačena u spremnike sa 150 L vode iz kojih je crpljena do daljnjega. Otopina je u sustav prvi put puštena 17. veljače, a svaki drugi tjedan pripravljeno je novih 150 L hranive otopine. Sastav hraniva u otopini od 150 L bio je sljedeći: 41,77 g N, 75,13 g K, 14,69 g P, 1,44 g Mg, 5,94 g S, 24,36 g Ca, 275 mg Fe, 122 mg Mn, 6 mg Mo, 136 mg B te 9,5 mg Cu. Sadržaj soli u

hranivoj otopini prikazan je u Tablici 2. pH vrijednost otopine regulirana je dodavanjem 11,4 mL HNO<sub>3</sub> (56 %).

Tablica 2. Sastav hranive otopine korištene prilikom uzgoja rikole i špinata u sustavu „plime i oseke“

Soli	Molarna koncentracija (mmol/L)	Masena koncentracija (mg/L)	Količina soli (g/150L)
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	4,06	665,8	99,87
KNO <sub>3</sub>	8,02	810,0	121,49
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	3,16	429,8	64,46
NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>	2,43	194,5	29,18
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	0,84	146,2	21,90
MgSO <sub>4</sub>	0,40	48	7,2
Fe-EDDHA	0,04	14,4	2,16
H <sub>3</sub> BO <sub>4</sub>	0,084	0,65	0,984
MnSO <sub>4</sub>	0,015	2,23	0,334
CuSO <sub>4</sub>	0,001	0,16	0,025
Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub>	0,001	0,08	0,012
HNO <sub>3</sub> (56 %)	0,022	-	-

Tijekom cijelog proizvodnog ciklusa, svakodnevno je mjerena električna provodljivost (EC, dS/m) i pH vrijednost hranive otopine što je prikazano na Slici 8. Srednje vrijednosti električne provodljivosti hranive otopine kretale su se u rasponu od 2,36 do 2,41 dS/m, dok je prosječna pH vrijednost iznosila 6,74.



Slika 8. Električna provodljivost i pH vrijednost hranive otopine tijekom proizvodnog ciklusa

### 3.4. Metode

Određivanje osnovnog kemijskog sastava istraživanih povrtnih vrsta, rikole i špinata, uzgojenih u sustavu „plime i oseke“ uključivalo je sljedeće metode: određivanje sadržaja ukupne suhe tvari (%) sušenjem na 105 °C do konstantne mase (AOAC, 1995), određivanje sadržaja ukupnih kiselina (%) potencijometrijskom titracijom s otopinom natrijeva hidroksida (AOAC, 1995), pH– vrijednost određena je pH– metrom („Mettler–Toledo“ SevenMulti, Švicarska) uranjanje kombinirane elektrode i očitavanjem vrijednosti (AOAC, 1995).

Mineralni sastav istraživanih vrsta proveden je u Analitičkom laboratoriju Zavoda za ishranu bilja Sveučilišta u Zagrebu Agronomskog fakulteta prema sljedećim metodama: sadržaj ukupnog dušika (%/ST) po Kjeldahlu prema HRN ISO 11261:2004, sadržaj ukupnog fosfora (%/ST) spektrofotometrijski (EVOLUTION 60S UV-VISIBLE) prema AOAC (1995), sadržaj ukupnog kalija (%/ST) plamenfotometrijom (JANWEY PFP 7) prema AOAC (1995) te sadržaj ukupnog kalcija i magnezija (%/ST) atomskom apsorpcijskom spektrometrijom (AAS SOLAR THERMO SCIENTIFIC) prema AOAC (1995).

Za potrebe određivanja sadržaja bioaktivnih i pigmentnih spojeva korištene su sljedeće metode: određivanje sadržaja vitamina C (mg/100 g svježe tvari) titrimetrijskom metodom s 2,6-p-diklorfenolindofenolom (AOAC, 2002) koja se temelji na oksidaciji L-askorbinske kiseline u dehidroaskorbinsku kiselinu pomoću 2,6-p-diklorfenolindofenola, ukupni fenoli, flavonoidi i neflavonoidi (mgGAE/100 g svježe tvari) određeni su spektrofotometrijski (Shimadzu UV 1650 PC) korištenjem Folin-Ciocalteu kolorimetrijske metode koja se temelji na obojenoj reakciji koju fenoli razvijaju s Folin-Ciocalteovim reagensom (Ough i Amerine, 1988), sadržaj ukupnih glukozinolata fericijanid metodom, spektrofotometrijski prema Jezek i sur. (1999), sadržaj ukupnih klorofila (klorofila a i b) i karotenoida određen je spektrofotometrijski (Shimadzu UV 1650 PC) prema metodi opisanoj od Holm (1954) i Wettstein (1957) prilikom čega su vrijednosti pigmenata preračunate prema Holm-Weststainovim jednadžbama (2) preko apsorbance očitanim pri valnim duljinama od 662, 644 i 440 nm. Konačne vrijednosti pigmentnih spojeva izražene su u mg/g svježe tvari.

(2)

$$\textit{klorofil a} = 9,784 \times A_{662} - 0,990 \times A_{644} \textit{ [mg/L]}$$

$$\textit{klorofil b} = 21,426 \times A_{644} - 4,65 \times A_{622} \textit{ [mg/L]}$$

$$\textit{klorofil a + b} = 5,134 \times A_{662} + 20,436 \times A_{644} \textit{ [mg/L]}$$

$$\textit{karotenoidi} = 4,695 \times A_{440} - 0,268 \times 0,268 (\textit{klorofil a + b}) \textit{ [mg/L]}$$



Antioksidacijski kapacitet određen je spektrofotometrijskom metodom uz upotrebu ABTS radikala kationa (2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolin-6-sulfonska kiselina)) (Re i sur., 1999).

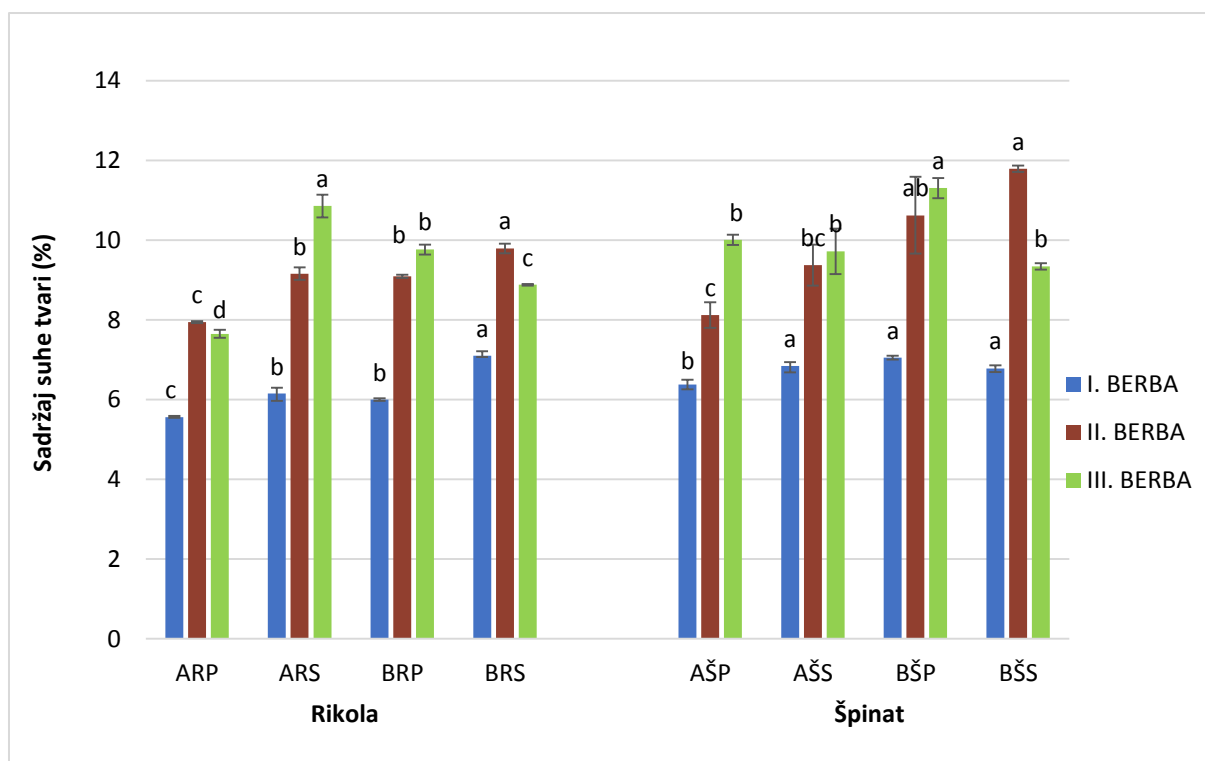
### 3.5. Statistička obrada podataka

Pokus hidroponskog uzgoja rikole i špinata u sustavu „plime i oseke“ postavljen je po slučajnom bloknom rasporedu u 8 repeticija pri čemu jednu repeticiju predstavlja jedan kontejner s odgovarajućim supstratom i povrtnom vrstom. Sve laboratorijske analize kemijskih parametara provedene su u tri ponavljanja. Rezultati istraživanja statistički su obrađeni u programskom paketu SAS, verzija 9.3 (SAS, 2010). Rezultati su podvrgnuti jednosmjernoj analizi varijance (ANOVA). Srednje vrijednosti uspoređene su t-testom (LSD), a smatraju se značajno različitim kod  $p \leq 0,0001$ . Uz rezultate u tablicama i slikama nalaze se i eksponenti različitih slova koji označavaju značajne statističke razlike između variranih tretman kod  $p \leq 0,0001$ . Prosječno odstupanje rezultata od srednje vrijednosti za svaki istraživani kemijski parametar prikazano je vrijednostima standardne devijacije.

## 4. REZULTATI

### 4.1. Osnovni kemijski sastav

Rezultati istraživanja osnovnog kemijskog sastava rikole i špinata uzgojenih u sustavu „plime i oseke“ prikazani su na Slici 9 i Tablici 3. Kod obje istraživane vrste analizom varijance rezultata sadržaja ukupne suhe tvari utvrđene su visoko signifikantne statističke razlike ( $p \leq 0,0001$ ) između svih variranih tretmana. Kod rikole, najviši sadržaj suhe tvari (10,86 %) utvrđen je za uzorke uzgojene u mješavini perlit:treset (1:4) pri intervalu navodnjavanja 24 h u trećem roku berbe (ARS), dok je najniži sadržaj ukupne suhe tvari (5,56 %) zabilježen u perlitu pri istom intervalu navodnjavanja (ARP) u prvom roku berbe. Sadržaj ukupne suhe tvari kod špinata kretao se u rasponu od 6,38 % kod uzoraka uzgojenih u perlitu pri intervalu navodnjavanja od 24 h (AŠP) do 11,79 % kod uzoraka uzgojenih u mješavini supstrata pri 48 h (BŠS). I kod rikole i špinata utvrđen je trend povećanja sadržaja ukupne suhe tvari s obzirom na korišteni supstrat (perlit i mješavina perlit:treset 1:4) te interval navodnjavanja (24 h i 48 h) u svim istraživanim rokovima berbe.



Napomena: Prikazane su prosječne vrijednosti  $\pm$  SD (standardna devijacija). Različita slova označavaju signifikantne razlike pri  $p \leq 0,0001$ . ARP- rikola interval navodnjavanja 24 h, perlit; ARS- rikola, interval navodnjavanja 24 h, perlit:treset (1:4); BRP- rikola, interval navodnjavanja 48 h, perlit; BRS- rikola, interval navodnjavanja 48 h, perlit:treset (1:4); AŠP- špinat interval navodnjavanja 24 h, perlit; AŠS- špinat, interval navodnjavanja 24 h, perlit:treset (1:4); BŠP- špinat, interval navodnjavanja 48 h, perlit; BŠS- špinat, interval navodnjavanja 48 h, perlit:treset (1:4).

Slika 9. Sadržaj ukupne suhe tvari (%) rikole i špinata uzgojenih u sustavu „plime i oseke“ tijekom tri roka berbe

Rezultati sadržaja ukupnih kiselina (%) i pH vrijednost rikole i špinata prikazani su u Tablici 3. Statističkom analizom podataka utvrđene su visoko signifikantne razlike ( $p \leq 0,0001$ ) između svih istraživanih tretmana uz izuzetak drugog roka berbe tijekom kojeg nisu utvrđene značajne razlike s obzirom na tretman kod obje istraživane vrste. Kod rikole je najviši sadržaj ukupnih kiselina (0,12 %) utvrđen prilikom uzgoja u perlitu i navodnjavanja u intervalu od 48 h (BRP, prva berba), dok je najniža vrijednost (0,03 %) utvrđena kod uzoraka uzgojenih u istom supstratu pri intervalu od 24 h (ARP, treća berba). U uzorcima špinata sadržaj ukupnih kiselina se kretao u rasponu od 0,02 % za uzorak uzgojen u perlitu pri intervalu od 48 h (BŠP, treći rok berbe) do 0,07 % za uzroke uzgojene u perlitu pri intervalu navodnjavanja od 24 i 48 h (AŠP i BŠP, prvi rok berbe). Najviša pH vrijednost (6,77) utvrđena je u rikoli uzgojenoj u perlitu pri intervalu navodnjavanja od 24 h (ARP, prvi rok berbe) dok je najniža vrijednost (5,93) zabilježena u rikoli uzgojenoj u mješavini perlit:treset (1:4) u intervalu navodnjavanja od 48 h (BRS, treći rok berbe). Rikola uzgojena u perlitu u

oba intervala navodnjavanja (ARP i BRP) pokazala je veću pH vrijednost nego rikola uzgojena u mješavini perlit:treset (1:4) u prvom roku berbe. Kod špinata najviša pH-vrijednost (6,25) zabilježena je u uzorcima uzgojenim u perlitu u intervalu navodnjavanja od 24 h (AŠP, prvi rok berbe) dok je najniži pH (6,04) zabilježen kod špinata uzgojenog u mješavini perlit:treset (1:4) kod intervala navodnjavanja od 48 h (BŠS, treći rok berbe). Kod špinata uzgojenog u intervalu navodnjavanja od 24 h (AŠP i AŠS) zabilježene su veće pH vrijednosti nego kod istih korištenih supstrata u intervalu navodnjavanja od 48 h (BŠP i BŠS).

Tablica 3. Sadržaj ukupnih kiselina (%) i pH vrijednost rikole i špinata uzgojenih u sustavu „plime i oseke“ tijekom tri roka berbe

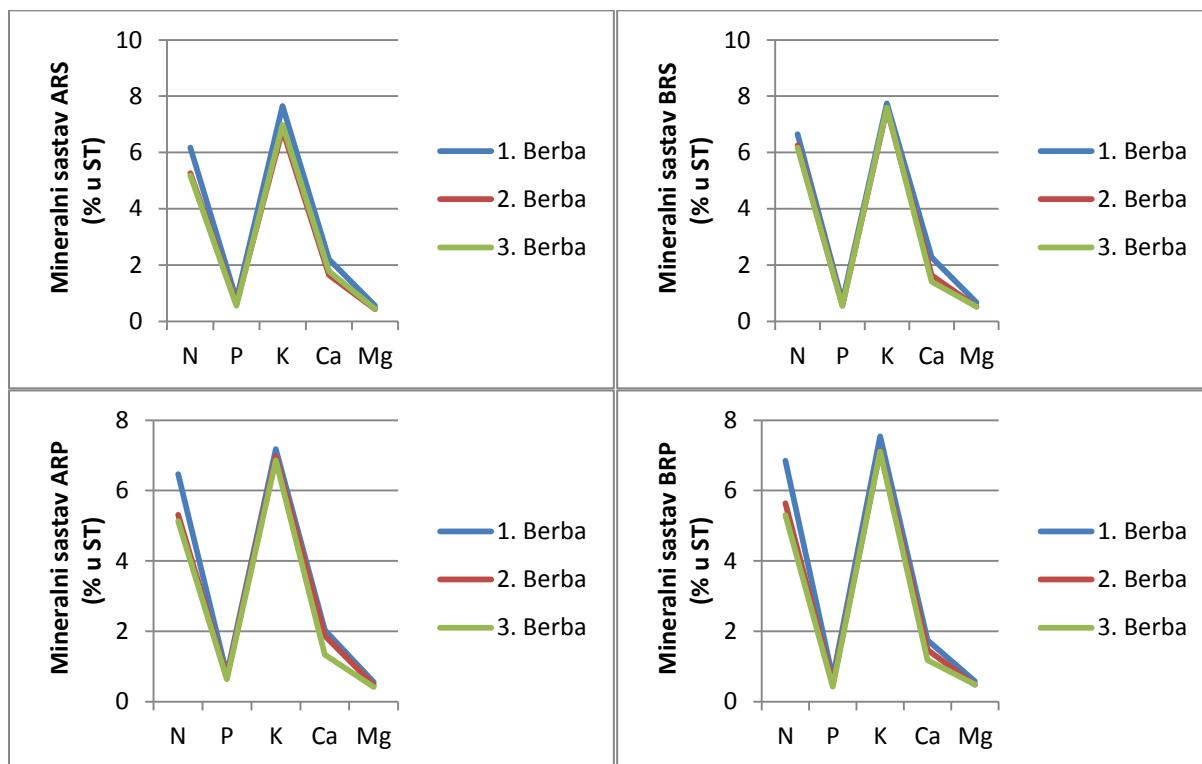
	I. rok berbe		II. rok berbe		III. rok berbe	
Tretman	UK (%)	pH	UK (%)	pH	UK (%)	pH
<b>Rikola</b>						
ARP	0,060b±0,03	6,77a±0,02	0,05±0,01	6,24±0,03	0,02b±0,01	6,09ab±0,08
ARS	0,063b±0,03	6,35b±0,02	0,05±0,01	6,02±0,13	0,03b±0,01	5,98bc±0,03
BRP	0,120a±0,02	6,15c±0,10	0,07±0,01	6,11±0,07	0,06a±0,01	6,17a±0,02
BRS	0,073b±0,02	6,48b±0,10	0,07±0,05	6,13±0,07	0,08a±0,01	5,92c±0,05
ANOVA	***	***	N.S.	N.S.	***	***
<b>Špinat</b>						
AŠP	0,066ab	6,25a±0,01	0,05±0,01	6,14±0,04	0,03b	6,11±0,06
AŠS	0,056b	6,17ab±0,07	0,05±0,01	6,05±0,05	0,03b±0,01	6,06±0,09
BŠP	0,063ab±0,01	6,16ab±0,01	0,04±0,01	6,17±0,06	0,02b	6,18±0,06
BŠS	0,073a±0,01	6,09c±0,04	0,05±0,01	6,15±0,04	0,05a±0,01	6,04±0,05
ANOVA	***	***	N.S.	N.S.	***	N.S.

UK- sadržaj ukupnih kiselina; \*\*\*-  $p \leq 0,0001$ ; N.S.- nije signifikantno. Različita slova označavaju signifikantne razlike pri  $p \leq 0,0001$ . ARP- rikola interval navodnjavanja 24 h, perlit; ARS- rikola, interval navodnjavanja 24 h, perlit:treset (1:4); BRP- rikola, interval navodnjavanja 48 h, perlit; BRS- rikola, interval navodnjavanja 48 h, perlit:treset (1:4); AŠP- špinat interval navodnjavanja 24 h, perlit; AŠS- špinat, interval navodnjavanja 24 h, perlit:treset (1:4); BŠP- špinat, interval navodnjavanja 48 h, perlit; BŠS- špinat, interval navodnjavanja 48 h, perlit:treset (1:4).

#### 4.2. Mineralni sastav

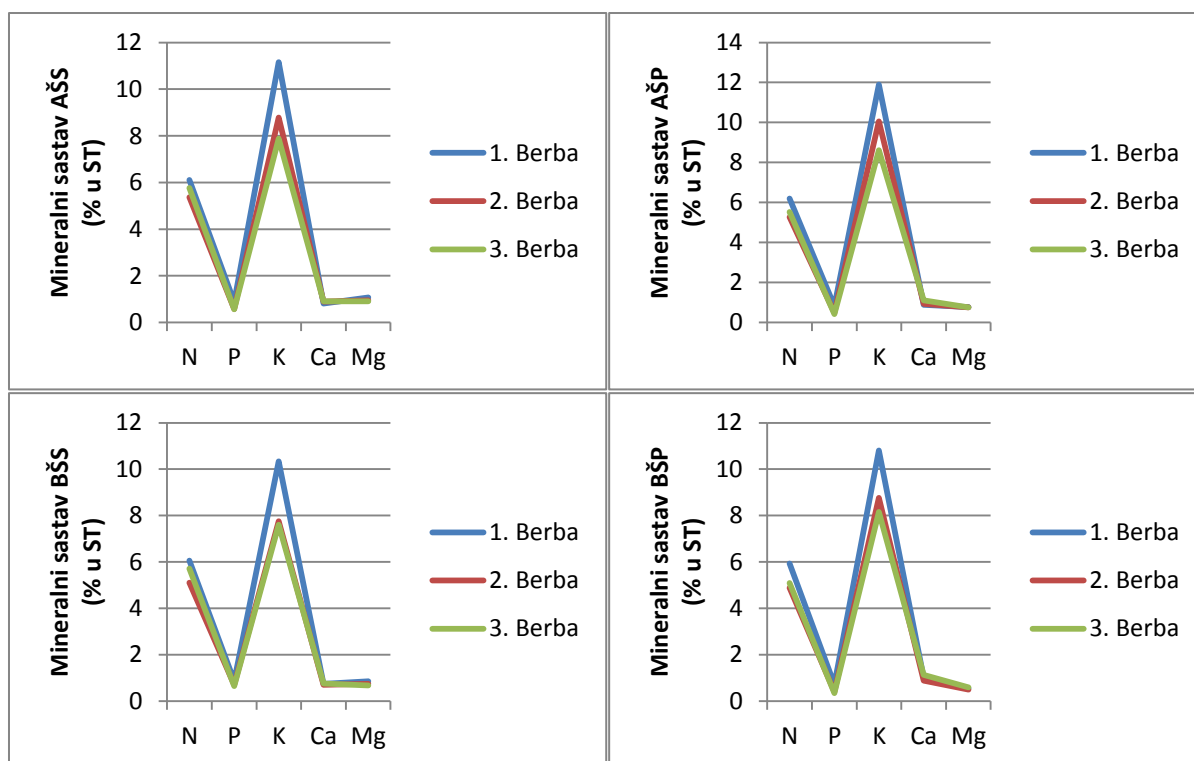
Mineralni sastav istraživanih povrtnih vrsta uzgojenih u sustavu „plime i oseke“ kroz tri roka berbe prikazan je na Slici 10 i 11. Analizom mineralnog sastava kod rikole je utvrđeno smanjenje sadržaja dušika, fosfora, kalcija i magnezija u svim tretmanima od prve prema trećoj berbi. U špinatu je utvrđen trend smanjenja sadržaja fosfora, kalija i magnezija u svim tretmanima od prve prema trećoj berbi. Udio dušika u suhoj tvari špinata bio je nešto veći u prvom i trećoj berbi dok je u drugoj berbi zapažen nešto manji sadržaj dušika. Kod

rikole je zapažen nešto manji sadržaj fosfora i kalcija u uzorcima uzgajanim u perlitu navodnjavanim u intervalu od 48 h (BRP). U uzorcima špinata utvrđen je manji sadržaj fosfora i magnezija u uzorcima uzgajanim u perlitu navodnjavanim u intervalu od 48 h (BŠP).



ARP- rikola interval navodnjavanja 24 h, perlit; ARS- rikola, interval navodnjavanja 24 h, perlit:treset (1:4); BRP- rikola, interval navodnjavanja 48 h, perlit; BRS- rikola, interval navodnjavanja 48 h, perlit:treset (1:4)

Slika 10. Mineralni sastav rikole uzgojene u sustavu „plime i oseke“ tijekom tri roka berbe



AŠP- špinat interval navodnjavanja 24 h, perlit; AŠS- špinat, interval navodnjavanja 24 h, perlit:treset (1:4); BŠP- špinat, interval navodnjavanja 48 h, perlit; BŠS- špinat, interval navodnjavanja 48 h, perlit:treset (1:4).

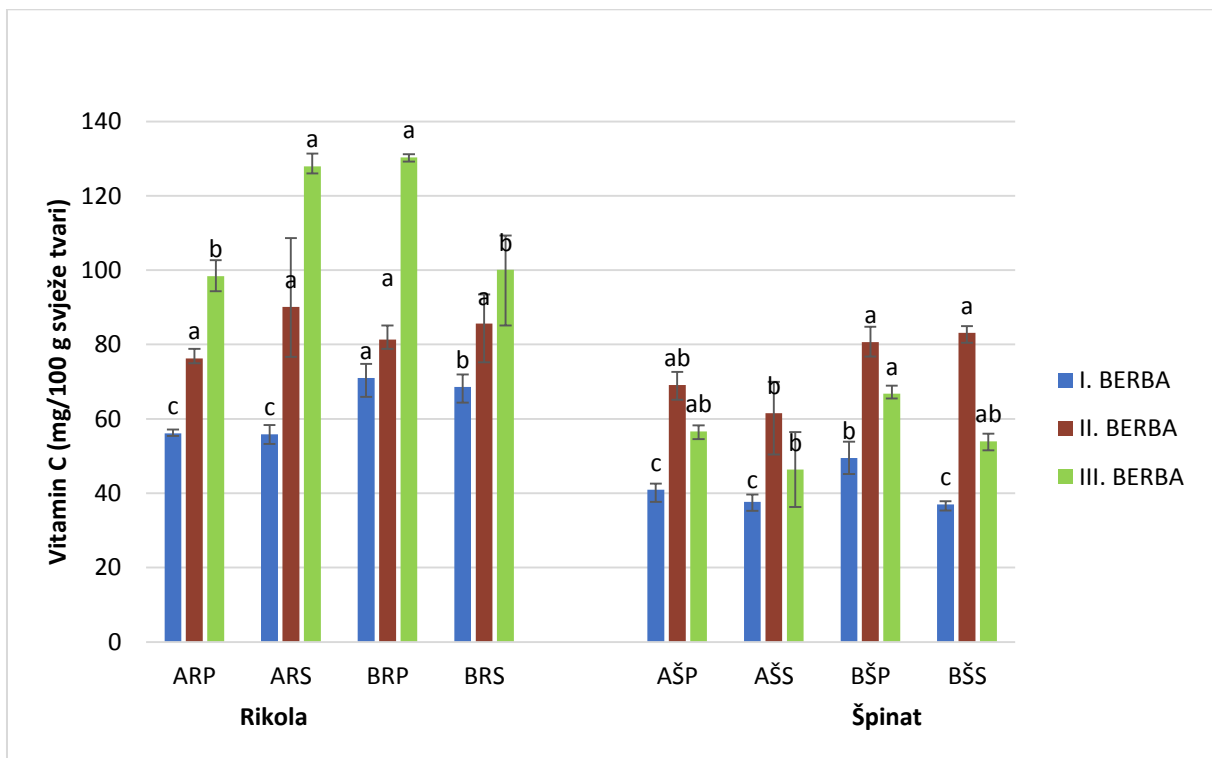
Slika 11. Mineralni sastav špinata uzgojenog u sustavu „plime i oseke“ tijekom tri roka berbe

### 4.3. Bioaktivni spojevi

Rezultati sadržaja vitamina C (mg/100 g svježe tvari) rikole i špinata tijekom uzgoja u hidroponskom sustavu „plime i oseke“ prikazani su na Slici 12. Analizom varijance utvrđena je visoka statistički značajna razlika ( $p \leq 0,0001$ ) u sadržaju vitamina C u rikoli između svih ispitanih tretmana u prvom i trećem roku berbe dok u drugom roku berbe nisu zabilježene značajne razlike. Najviši sadržaj vitamina C (130,32 mg/100 g) utvrđen je u rikoli uzgojenoj u perlitu pri intervalu navodnjavanja od 48 h (BRP, treći rok berbe) dok je najniži sadržaj vitamina C (56,09 mg/100 g) zabilježen u rikoli uzgojenoj u perlitu pri intervalu navodnjavanja od 24 h (ARP, prvi rok berbe). Kod rikole uzgojene pri intervalu navodnjavanja od 48 h (BRP i BRS) zabilježen je veći sadržaj vitamina C u usporedbi s uzorcima navodnjavanjem 24 h (ARS i ARP) u prvom roku berbe. Trend povećanja sadržaja vitamina C utvrđen je kod svih ispitanih tretmana u svim rokovima berbe. U špinatu, statističkom analizom utvrđena je visoka značajna razlika ( $p \leq 0,0001$ ) u sadržaju vitamina C u



svim variranim tretmanima. Najviši sadržaj vitamina C (83,13 mg/100g) zabilježen u špinatu uzgojenom u mješavini perlit:treset (1:4) (BŠS, drugi rok berbe) kod intervala navodnjavanja od 48 h (BŠS, drugi rok berbe) dok je najniži sadržaj vitamina C (37,03 mg/100 g) zabilježen u istom tretmanu (BŠS) u prvom roku berbe. Špinat uzgojen u perlitu (AŠP i BŠP) pri intervalu navodnjavanja od 24 h i 48 h pokazao je veći sadržaj vitamina C nego špinat uzgojen u mješavini perlit:treset (1:4) (AŠS i BŠS) u trećem roku berbe.

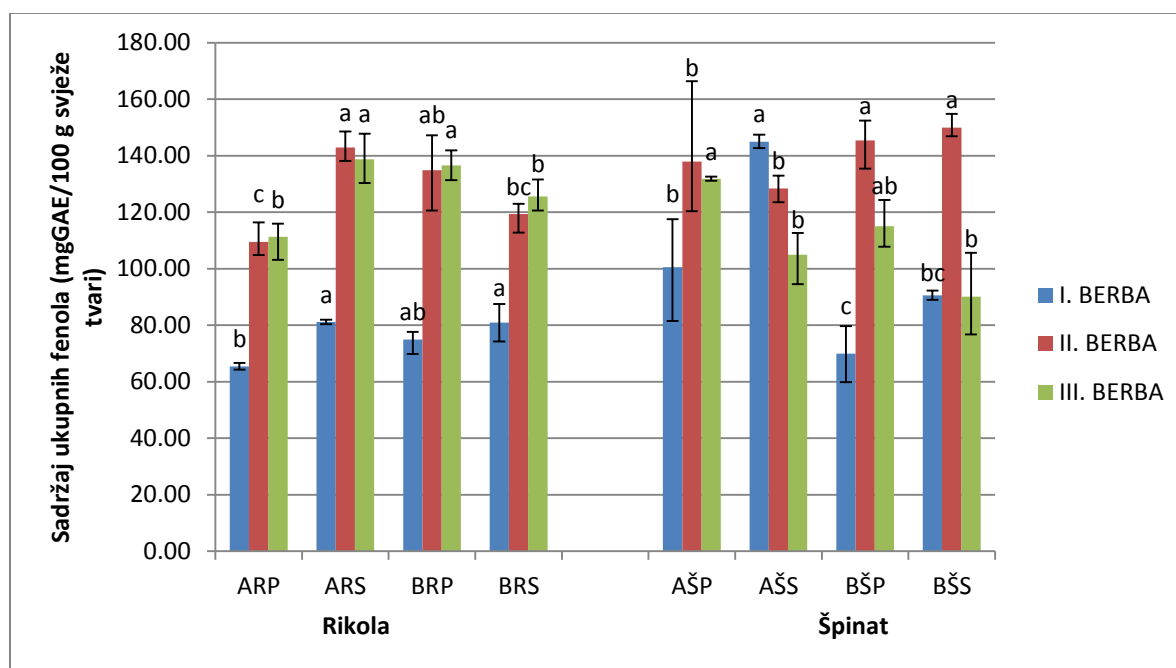


Napomena: Prikazane su prosječne vrijednosti  $\pm$  SD (standardna devijacija). Različita slova označavaju signifikantne razlike pri  $p \leq 0,0001$ . ARP- rikola interval navodnjavanja 24 h, perlit; ARS- rikola, interval navodnjavanja 24 h, perlit:treset (1:4); BRP- rikola, interval navodnjavanja 48 h, perlit; BRS- rikola, interval navodnjavanja 48 h, perlit:treset (1:4); AŠP- špinat interval navodnjavanja 24 h, perlit; AŠS- špinat, interval navodnjavanja 24 h, perlit:treset (1:4); BŠP- špinat, interval navodnjavanja 48 h, perlit; BŠS- špinat, interval navodnjavanja 48 h, perlit:treset (1:4).

Slika 12. Sadržaj vitamina C (mg/100 g svježe tvari) rikole i špinata uzgojenih u sustavu „plime i oseke“ tijekom tri roka berbe

Rezultati sadržaja ukupnih fenola, flavonoida i neflavonoida (mgGAE/100 g svježe tvari) u rikoli i špinatu uzgojenim u sustavu „plime i oseke“ pri različitim tretmanima prikazani su na Slici 13, 14 i 15. Analizom varijance dobivenih rezultata utvrđene su vrlo značajne statističke razlike ( $p \leq 0,0001$ ) između variranih tretmana: uzgojnog supstrata i intervala navodnjavanja (24 i 48 h) tijekom svih istraživanih rokova berbe. Kod rikole je najveća vrijednost ukupnih fenola (142,4 mgGAE/100g svježe tvari) zabilježena kod biljaka uzgajanih u mješavini perlit:treset (1:4) pri intervalu navodnjavanja od 24 h (ARS) tijekom

druge berbe, dok je najmanja vrijednost utvrđena u uzorku uzgajanom u perlitu pri intervalu navodnjavanja od 24 h (ARP, prva berba). Kod špinata su pak veće vrijednosti sadržaja ukupnih fenola utvrđene kod biljaka uzgajanih pri intervalu navodnjavanja od 48 h u oba varirana supstrata (BŠS 149,95 mgGAE/100 g svježe tvari i BŠP 145,36 mgGAE/100 g svježe tvari) u usporedbi s onima uzgajanim pri intervalu od 24 h (AŠP i AŠS). Također, kod rikole je uočen značajan porast sadržaja ukupnih fenola od prvog do trećeg roka berbe, dok su kod špinata utvrđene devijacije, odnosno u trećem roku berbe sadržaj ukupnih fenola značajno se smanjuje kod svih tretmana.

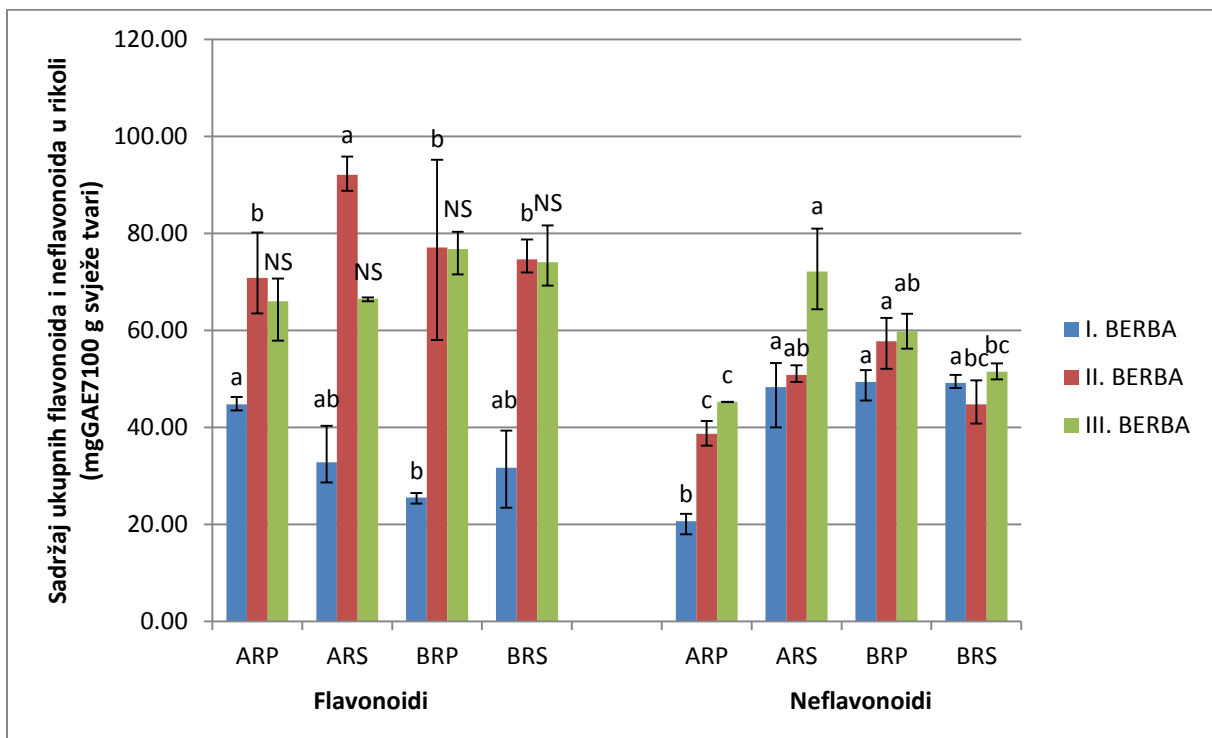


Napomena: Prikazane su prosječne vrijednosti  $\pm$  SD (standardna devijacija). Različita slova označavaju signifikantne razlike pri  $p \leq 0,0001$ . ARP- rikola interval navodnjavanja 24 h, perlit; ARS- rikola, interval navodnjavanja 24 h, perlit:treset (1:4); BRP- rikola, interval navodnjavanja 48 h, perlit; BRS- rikola, interval navodnjavanja 48 h, perlit:treset (1:4); AŠP- špinat interval navodnjavanja 24 h, perlit; AŠS- špinat, interval navodnjavanja 24 h, perlit:treset (1:4); BŠP- špinat, interval navodnjavanja 48 h, perlit; BŠS- špinat, interval navodnjavanja 48 h, perlit:treset (1:4).

Slika 13. Sadržaj ukupnih fenola (mg/100 g svježe tvari) rikole i špinata uzgojenih u sustavu „plime i oseke“ tijekom tri roka berbe

Sadržaj ukupnih flavonoida u rikoli tijekom prvog i drugog roka berbe značajno je varirao, dok u trećem roku berbe nisu utvrđene značajne statističke razlike među istraživanim tretmanima (Slika 14). Najveća vrijednost sadržaja ukupnih flavonoida (92,05 mgGAE/100g svježe tvari) u rikoli zabilježena kod biljaka uzgajanih u mješavini supstrata pri intervalu navodnjavanja od 24 h (ARS, drugi rok berbe), dok je najmanja vrijednost (25,53

mgGAE/100 g svježe tvari) utvrđena kod biljaka uzgajanih u perlitu pri intervalu navodnjavanja od 48 h (BRP, prva berba). Najveći sadržaj ukupnih neflavonoida rikole zabilježen je kod biljaka uzgajanih u mješavini supstrata perlit:treset (1:4) pri intervalu navodnjavanja od 24 h u trećem roku berbe, te je iznosio 72,13 mgGAE/100g svježe tvari (ARS). U sadržaju ukupnih neflavonoida uočen je linearan porast od prvog do trećeg roka berbe kod svih tretmana. Također, u trećem roku berbe zabilježen je najveći sadržaj ukupnih neflavonoida kod svih variranih tretmana.

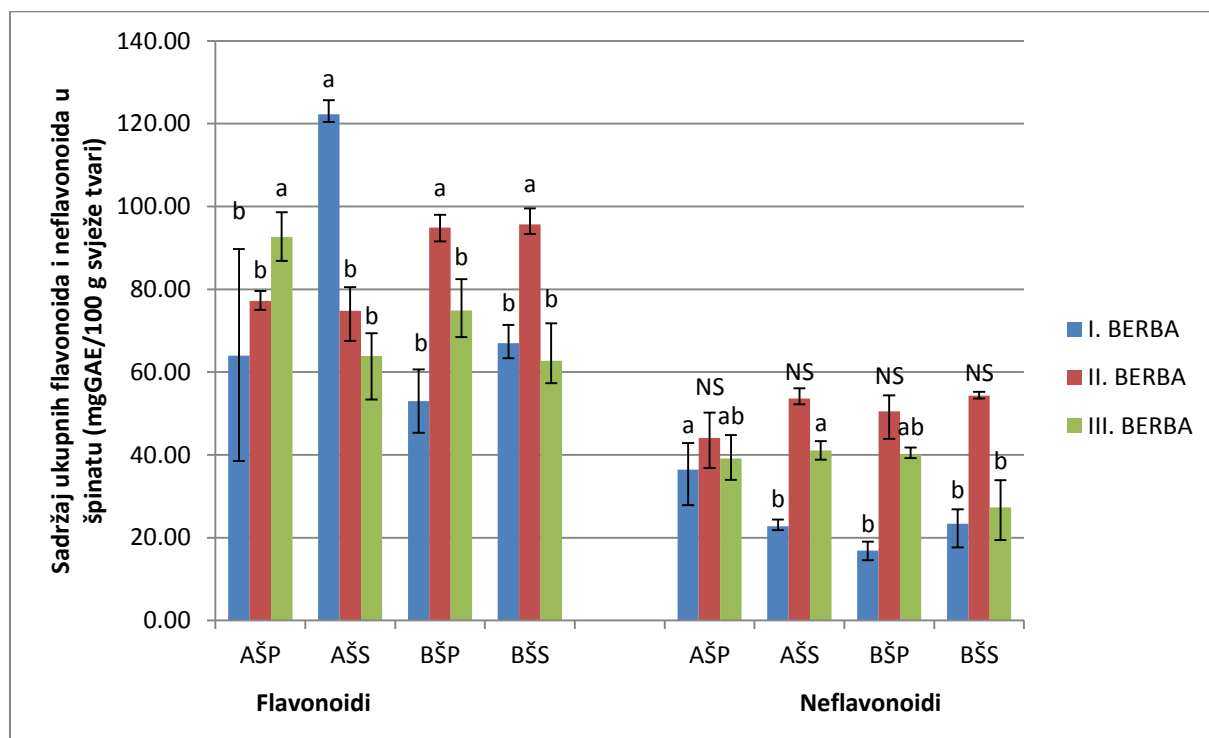


Napomena: Prikazane su prosječne vrijednosti  $\pm$  SD (standardna devijacija). Različita slova označavaju signifikantne razlike pri  $p \leq 0,0001$ . ARP- rikola interval navodnjavanja 24 h, perlit; ARS- rikola, interval navodnjavanja 24 h, perlit:treset (1:4); BRP- rikola, interval navodnjavanja 48 h, perlit; BRS- rikola, interval navodnjavanja 48 h, perlit:treset (1:4).

Slika 14. Sadržaj ukupnih flavonoida i neflavonoida (mgGAE/100 g svježe tvari) rikole pri različitim tretmanima u sustavu „plime i oseke“ tijekom tri roka berbe

Istovremeno, kod špinata je utvrđena značajna razlika u sadržaju ukupnih flavonoida između biljaka uzgajanih pri intervalima od 24 h (AŠP, AŠS) i 48 h (BŠP, BŠS), neovisno o korištenom supstratu (Slika 15). Pritom su biljke uzgajane pri intervalu navodnjavanja od 48 h (BŠP i BŠS) zabilježile za 21 % veće vrijednosti. Raspon sadržaja ukupnih flavonoida kod špinata kretao se od 53,02 (BŠP, perlit uz interval navodnjavanja od 48 h, prvi rok berbe) do 122,22 mgGAE/100 g svježe tvari (AŠS, perlit:treset 1:4 uz interval navodnjavanja od 24 h, prva berba). Najveće vrijednosti sadržaja ukupnih neflavonoida u špinatu utvrđene su tijekom

drugog roka berbe (41 dan nakon sjetve), pritom se rezultati međusobno značajnije ne razlikuju a njihove vrijednosti su se kretale u rasponu od 44,11 (AŠP) do 54,31 (BŠS) mgGAE/100g svježe tvari. Trećeg roka berbe u špinatu se navedene vrijednosti sadržaja ukupnih neflavonoida smanjuju i to najvećim intenzitetom kod biljaka uzgajanih u mješavini supstrata pri intervalu navodnjavanja od 48 h (BŠS).

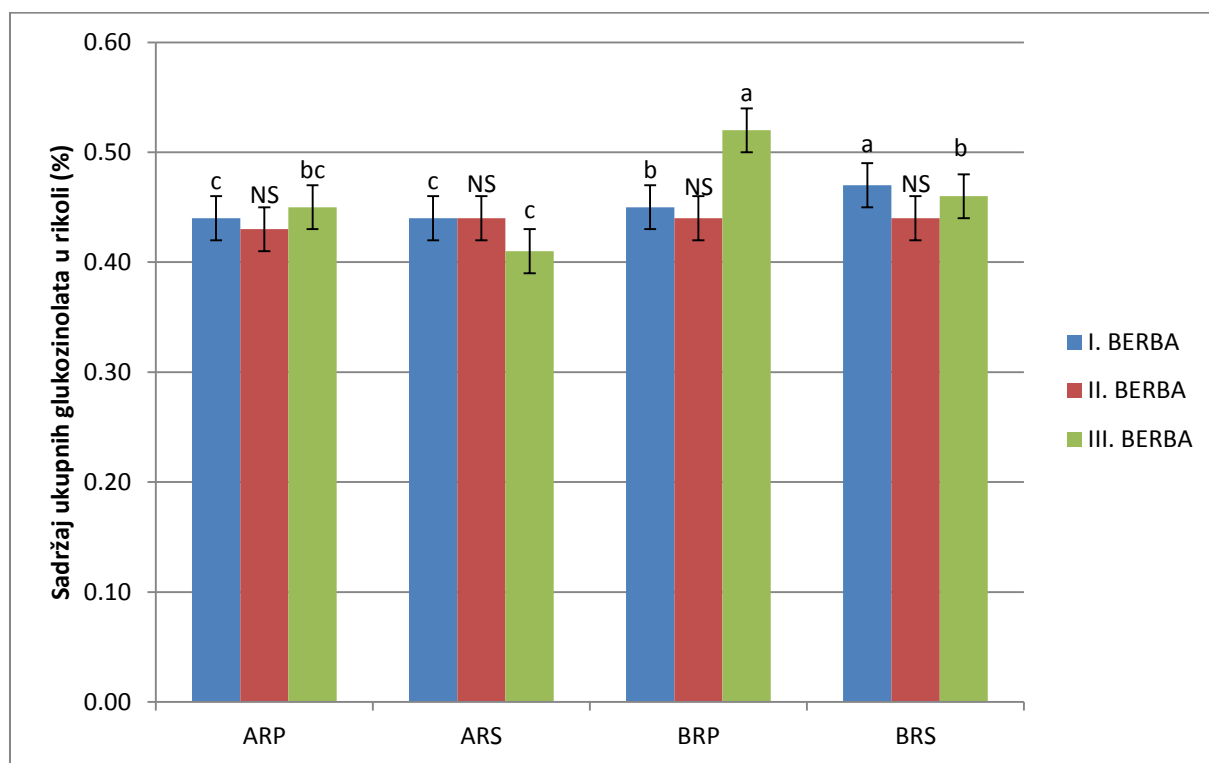


Napomena: Prikazane su prosječne vrijednosti  $\pm$  SD (standardna devijacija). Različita slova označavaju signifikantne razlike pri  $p \leq 0,0001$ . AŠP- špinat interval navodnjavanja 24 h, perlit; AŠS- špinat, interval navodnjavanja 24 h, perlit:treset (1:4); BŠP- špinat, interval navodnjavanja 48 h, perlit; BŠS- špinat, interval navodnjavanja 48 h, perlit:treset (1:4).

Slika 15. Sadržaj ukupnih flavonoida i neflavonoida (mgGAE/100 g svježe tvari) špinata pri različitim tretmanima u sustavu „plime i oseke“ tijekom tri roka berbe

Sadržaj ukupnih glukozinolata (%) rikole uzgojene u sustavu „plime i oseke“ prikazan je na Slici 16. Značajna statistička razlika u sadržaju ukupnih glukozinolata utvrđena je u prvom i trećem roku berbe, dok u drugom nisu utvrđene signifikantne razlike. Tijekom prvog roka berbe, pri intervalu navodnjavanja od 24 h nije utvrđena značajna razlika između korištenih supstrata (ARP, ARS) te je prosječna vrijednost ukupnih glukozinolata iznosila 0,44 %. Pri intervalu navodnjavanja od 48 h kod biljaka uzgojenih u mješavini supstrata (BRS, prva berba) zabilježena je najveća vrijednost (0,47 %). Prosječna vrijednost ukupnih glukozinolata kod drugog roka berbe za sve tretmane iznosila je 0,44 %. Najviše vrijednosti

ukupnih glukozinolata utvrđene su tijekom trećeg roka berbe za tretmane BRS (0,46 %) i BRP (0,52 %).

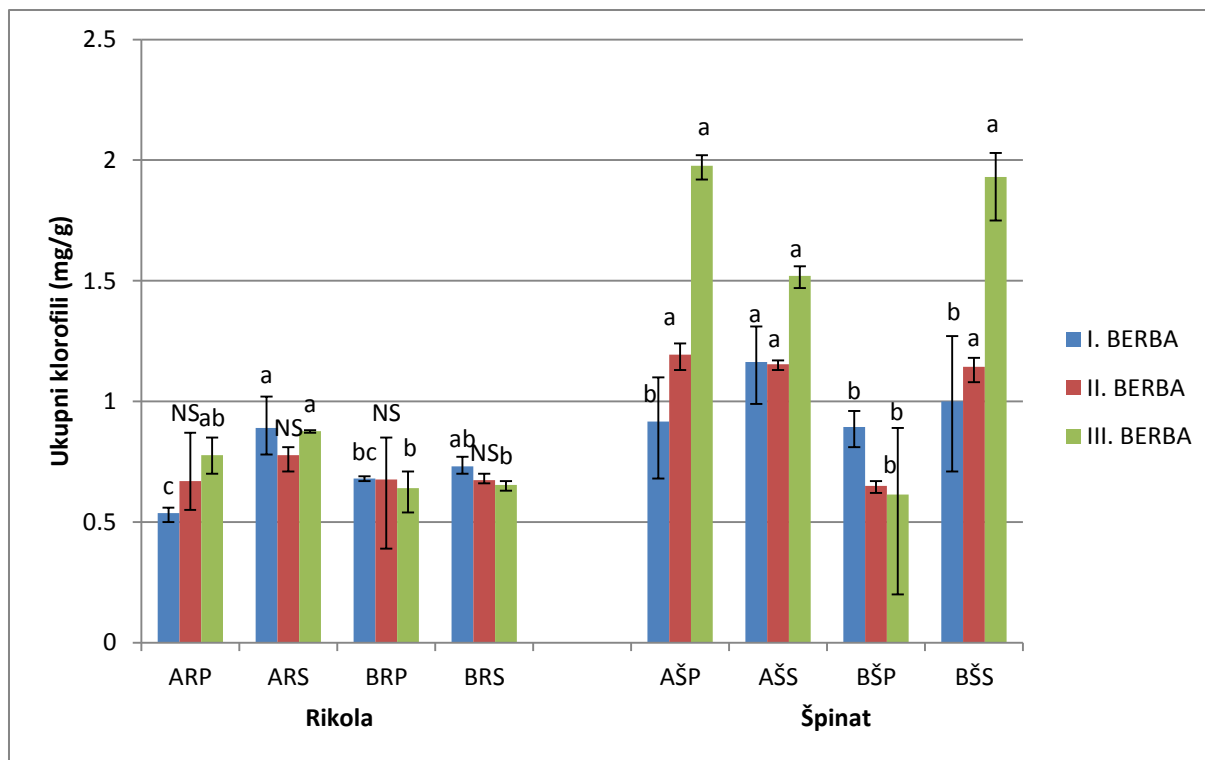


Napomena: Prikazane su prosječne vrijednosti  $\pm$  SD (standardna devijacija). Različita slova označavaju signifikantne razlike pri  $p \leq 0,0001$ . ARP- rikola interval navodnjavanja 24 h, perlit; ARS- rikola, interval navodnjavanja 24 h, perlit:treset (1:4); BRP- rikola, interval navodnjavanja 48 h, perlit; BRS- rikola, interval navodnjavanja 48 h, perlit:treset (1:4).

Slika 16. Sadržaj ukupnih glukozinolata (%) rikole pri različitim tretmanima u sustavu „plime i oseke“ tijekom tri roka berbe

#### 4.4. Pigmentni spojevi

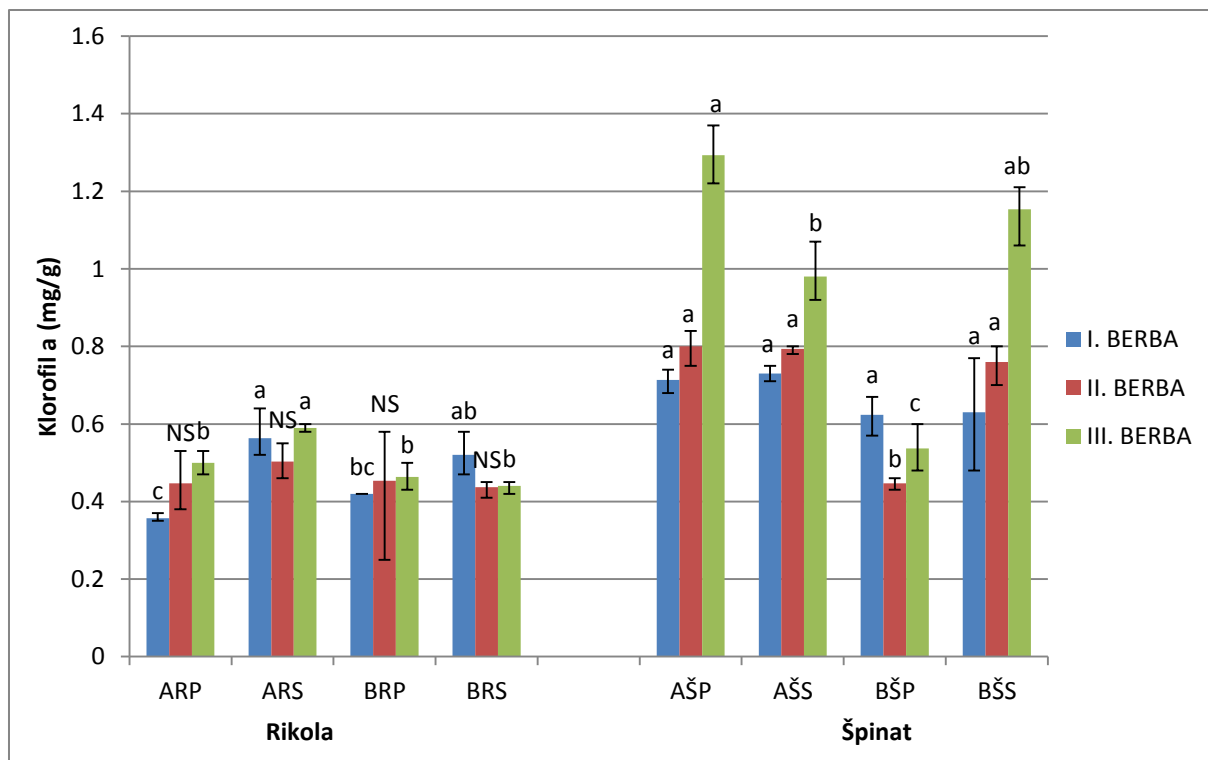
Na Slici 17 prikazani su rezultati sadržaja ukupnih klorofila u rikoli i špinatu. Analizom varijance utvrđena je statistički značajna razlika ( $p \leq 0,0001$ ) između istraživanih tretmana navodnjavanja i supstrata i kod rikole i špinata. Ukupni sadržaj klorofila u rikoli kretao se u rasponu od 0,54 mg/g (ARP, prva berba) do 0,89 mg/g (ARS, prva berba). Kod špinata se sadržaj ukupnih klorofila kretao u rasponu od 0,61 mg/g (BŠP, treća berba) do 1,98 mg/g (AŠP, treća berba) prilikom čega su visoko signifikantne razlike utvrđene između tretmana u prvoj i trećoj berbi dok u drugoj berbi nisu utvrđene značajne razlike (Slika 17).



Napomena: Prikazane su prosječne vrijednosti  $\pm$  SD (standardna devijacija). Različita slova označavaju signifikantne razlike pri  $p \leq 0,0001$ . ARP- rikola interval navodnjavanja 24 h, perlit; ARS- rikola, interval navodnjavanja 24 h, perlit:treset (1:4); BRP- rikola, interval navodnjavanja 48 h, perlit; BRS- rikola, interval navodnjavanja 48 h, perlit:treset (1:4); AŠP- špinat interval navodnjavanja 24 h, perlit; AŠS- špinat, interval navodnjavanja 24 h, perlit:treset (1:4); BŠP- špinat, interval navodnjavanja 48 h, perlit; BŠS- špinat, interval navodnjavanja 48 h, perlit:treset (1:4).

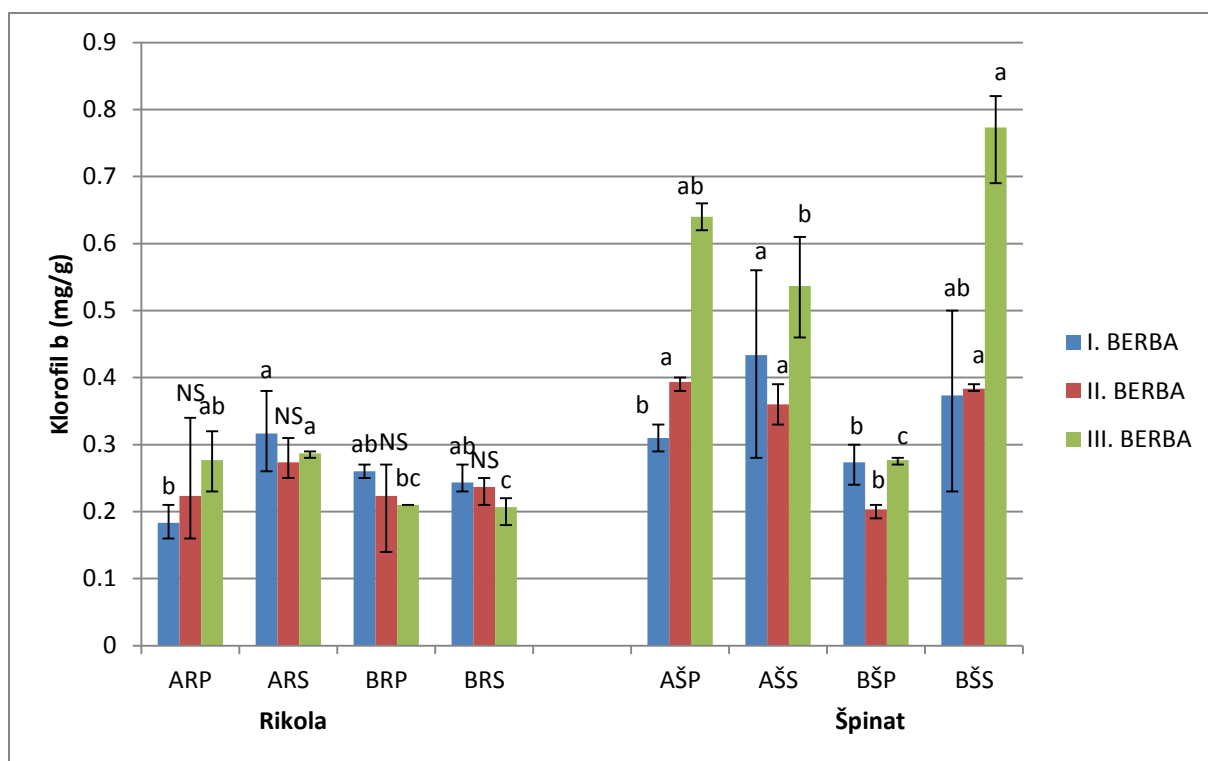
Slika 17. Sadržaj ukupnih klorofila (mg/g) rikole i špinata pri različitim tretmanima u sustavu „plime i oseke“ tijekom tri roka berbe

Uz ukupne klorofile istraživana je i sadržaj pojedinačnih spojeva, klorofila a i klorofila b (Slika 18 i 19). Sadržaj klorofila a u rikoli kretao se u rasponu od 0,35 mg/g (ARP, prva berba) do 0,59 (ARS, treća berba), dok se kod špinata kretao u rasponu od 0,45 mg/g (BŠP, druga berba) do 1,29 mg/g (AŠP, treća berba) (Slika 18). Sadržaj klorofila b u rikoli bio je u rasponu od 0,18 mg/g (ARP, prva berba) do 0,32 mg/g (ARS, prva berba), a kod špinata od 0,20 mg/g (BŠP, druga berba) do 0,77 mg/g (BŠS, treća berba) (Slika 18). Statistički značajne razlike ( $p \leq 0,0001$ ) između istraživanih tretmana kod klorofila a i b utvrđene su u svim rokovima berbe kod špinata, dok kod rikole u drugoj berbi nije utvrđena signifikantnost. Kao i kod ukupnih klorofila, najveći sadržaj klorofila a i b kod rikole utvrđen je u uzorcima biljaka uzgajanih u mješavini perlit:treset (1:4) prilikom intervala navodnjavanja od 24 h (ARP), dok je najmanji sadržaj utvrđen kod špinata uzgajanog u perlitu pri intervala navodnjavanja od 48 h (BŠP).



Napomena: Prikazane su prosječne vrijednosti  $\pm$  SD (standardna devijacija). Različita slova označavaju signifikantne razlike pri  $p \leq 0,0001$ . ARP- rikola interval navodnjavanja 24 h, perlit; ARS- rikola, interval navodnjavanja 24 h, perlit:treset (1:4); BRP- rikola, interval navodnjavanja 48 h, perlit; BRS- rikola, interval navodnjavanja 48 h, perlit:treset (1:4); AŠP- špinat interval navodnjavanja 24 h, perlit; AŠS- špinat, interval navodnjavanja 24 h, perlit:treset (1:4); BŠP- špinat, interval navodnjavanja 48 h, perlit; BŠS- špinat, interval navodnjavanja 48 h, perlit:treset (1:4).

Slika 18. Sadržaj klorofila a (mg/g) rikole i špinata pri različitim tretmanima u sustavu „plime i oseke“ tijekom tri roka berbe

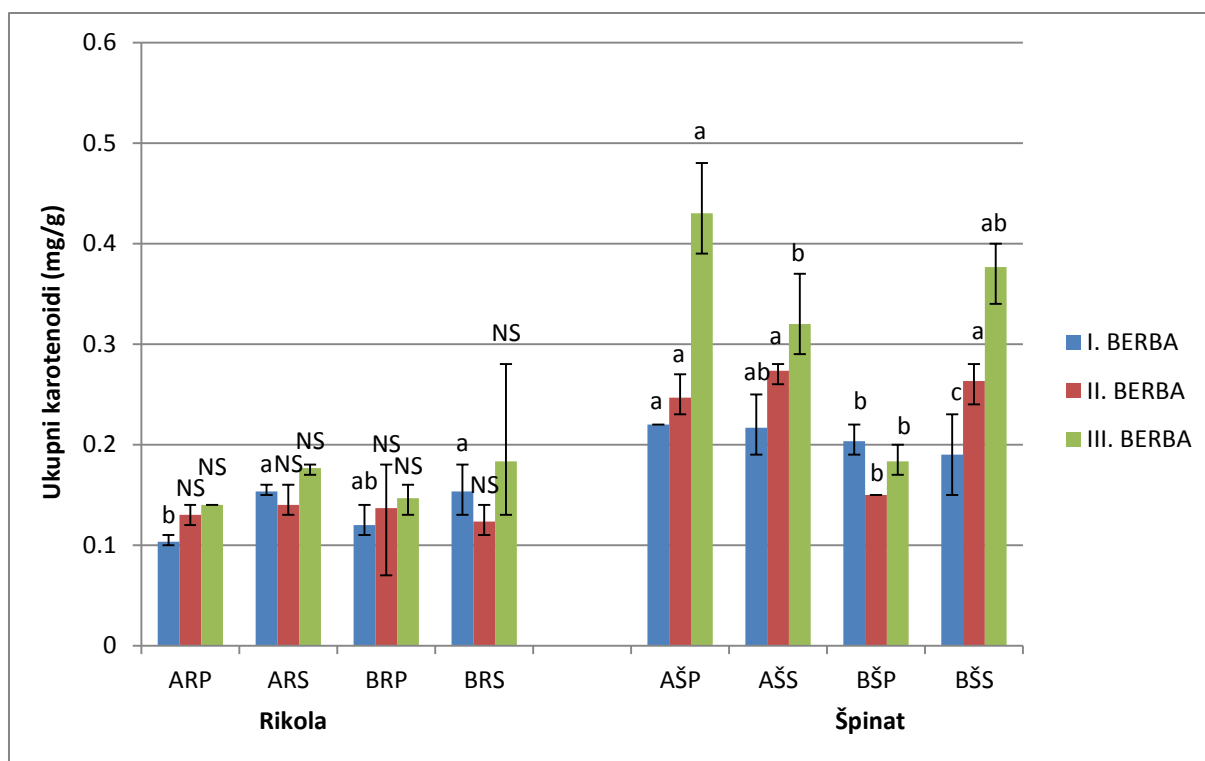


Napomena: Prikazane su prosječne vrijednosti  $\pm$  SD (standardna devijacija). Različita slova označavaju signifikantne razlike pri  $p \leq 0,0001$ . ARP- rikola interval navodnjavanja 24 h, perlit; ARS- rikola, interval navodnjavanja 24 h, perlit:treset (1:4); BRP- rikola, interval navodnjavanja 48 h, perlit; BRS- rikola, interval navodnjavanja 48 h, perlit:treset (1:4); AŠP- špinat interval navodnjavanja 24 h, perlit; AŠS- špinat, interval navodnjavanja 24 h, perlit:treset (1:4); BŠP- špinat, interval navodnjavanja 48 h, perlit; BŠS- špinat, interval navodnjavanja 48 h, perlit:treset (1:4).

Slika 19. Sadržaj klorofila b (mg/g) rikole i špinata pri različitim tretmanima u sustavu „plime i oseke“ tijekom tri roka berbe

Sadržaj ukupnih karotenoida utvrđen u rikoli kretao se u rasponu od 0,1 mg/g (ARP, prva berba) do 0,18 mg/g (BRS, treća berba) dok se kod špinata sadržaj ukupnih karotenoida kretao u rasponu od 0,15 mg/g (BŠP, druga berba) do 0,43 mg/g (AŠP, treća berba) (Slika 20). Analizom varijance kod špinata je utvrđena statistički značajna razlika u sadržaju ukupnih karotenoida u sve tri berbe dok je kod rikole značajna razlika među tretmanima utvrđena samo u prvoj berbi.





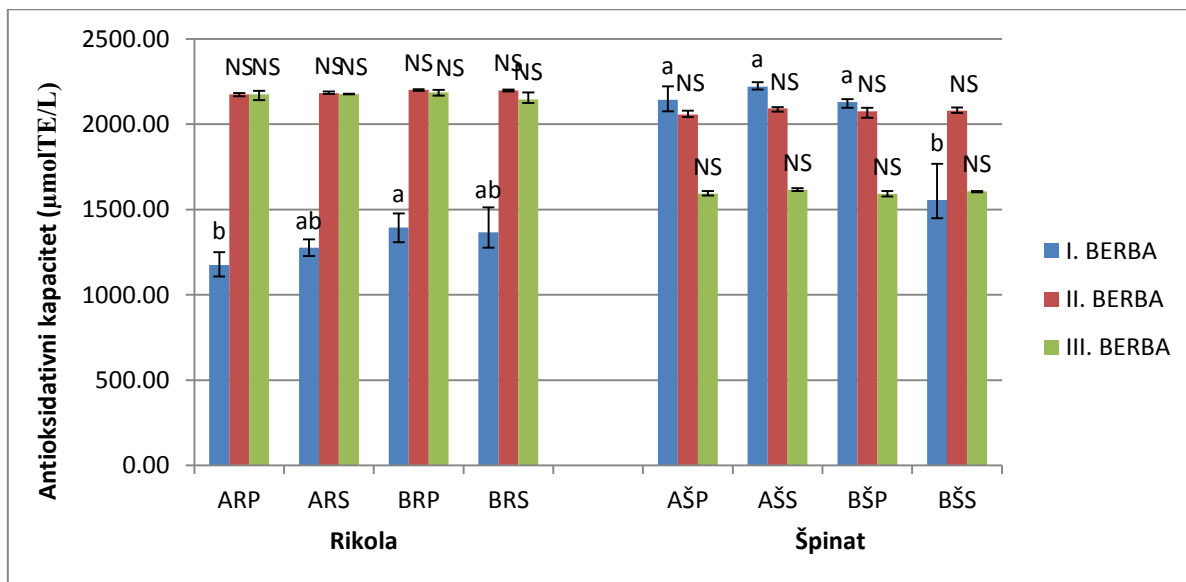
Napomena: Prikazane su prosječne vrijednosti  $\pm$  SD (standardna devijacija). Različita slova označavaju signifikantne razlike pri  $p \leq 0,0001$ . ARP- rikola interval navodnjavanja 24 h, perlit; ARS- rikola, interval navodnjavanja 24 h, perlit:treset (1:4); BRP- rikola, interval navodnjavanja 48 h, perlit; BRS- rikola, interval navodnjavanja 48 h, perlit:treset (1:4); AŠP- špinat interval navodnjavanja 24 h, perlit; AŠS- špinat, interval navodnjavanja 24 h, perlit:treset (1:4); BŠP- špinat, interval navodnjavanja 48 h, perlit; BŠS- špinat, interval navodnjavanja 48 h, perlit:treset (1:4).

Slika 20. Sadržaj ukupnih karotenoida (mg/g) rikole i špinata pri različitim tretmanima u sustavu „plime i oseke“ tijekom tri roka berbe

#### 4.5. Antioksidacijski kapacitet

Antioksidacijski kapacitet rikole i špinata uzgojenih u sustavu „plime i oseke“ prikazan je na Slici 21. Značajne statističke razlike ( $p \leq 0,0001$ ) između variranih tretmana utvrđene su samo u prvom roku berbe i kod rikole i špinata. U drugom i trećem roku berbe nisu utvrđene značajne razlike u antioksidacijskom kapacitetu između istraživanih tretmana. Kod rikole su u prvom roku berbe najviše vrijednosti antioksidacijskog kapaciteta ( $1393,73 \mu\text{molTE/L}$ ) utvrđene kod biljaka uzgojenih u perlitu pri intervalu navodnjavanja od 48 h (BRP), dok je najniža vrijednost ( $1175,40 \mu\text{molTE/L}$ ) utvrđena u uzorcima uzgojenim u perlitu pri intervalu navodnjavanja od 24 h (ARP). U drugom roku berbe, 34 dana nakon sjetve, vidljiv je snažan porast vrijednosti antioksidacijskog kapaciteta rikole (Slika 21). Iste su se kretale u rasponu od  $2175,02$  do  $2201,26 \mu\text{mol TE/L}$ , te se međusobno nisu značajnije razlikovale. U trećem roku berbe zabilježene su približno iste vrijednosti antioksidacijskog

kapaciteta rikole. Suprotno rikoli, uzorci špinata (AŠP, AŠS i BŠP) su posljednjeg roka berbe zabilježili linearan pad vrijednosti antioksidacijskog kapaciteta (Slika 21). Najveća vrijednost (2220,25  $\mu\text{molTE/L}$ ) utvrđena je u prvom roku berbe. Najmanje vrijednosti antioksidacijskog kapaciteta zabilježene su u trećem roku berbe, pri čemu nisu vidljive značajne razlike među tretmanima.



Napomena: Prikazane su prosječne vrijednosti  $\pm$  SD (standardna devijacija). Različita slova označavaju signifikantne razlike pri  $p \leq 0,0001$ . ARP- rikola interval navodnjavanja 24 h, perlit; ARS- rikola, interval navodnjavanja 24 h, perlit:treset (1:4); BRP- rikola, interval navodnjavanja 48 h, perlit; BRS- rikola, interval navodnjavanja 48 h, perlit:treset (1:4); AŠP- špinat interval navodnjavanja 24 h, perlit; AŠS- špinat, interval navodnjavanja 24 h, perlit:treset (1:4); BŠP- špinat, interval navodnjavanja 48 h, perlit; BŠS- špinat, interval navodnjavanja 48 h, perlit:treset (1:4).

Slika 21. Antioksidacijski kapacitet ( $\mu\text{molTE/L}$ ) rikole i špinata pri različitim tretmanima u sustavu „plime i oseke“ tijekom tri roka berbe

## 5. RASPRAVA

### 5.1. Osnovni kemijski sastav

U istraživanjima razni autori navode kako vodni stres može pozitivno ili negativno utjecati na sadržaj ukupne suhe tvari u biljnom materijalu, što ponajviše ovisi o dužini razdoblja stresa, genetskim karakteristikama biljnog materijala te o razvojnem stadiju biljke. Dosadašnja istraživanja (Fontana i sur., 2009) pokazala su da rikola uzgojena u tlu sadrži veće vrijednosti ukupne suhe tvari (oko 15 %) nego ona uzgojena u plutajućem hidroponskom sustavu gdje je kao supstrat korištena mješavina perlit:treset (1:1) (oko 11 %). Slične razlike u vrijednosti ukupne suhe tvari dobivene su i u istraživanju Incrocci i sur. (2001) (10 % u tlu, 8 % u hidroponu). U ovom istraživanju biljke uzgojene u mješavini perlit:treset (1:4) pokazuju veće vrijednosti u oba intervala navodnjavanja (24 h i 48 h) nego kod rikole uzgojene u perlitu. Navedeno sugerira da korištena mješavina supstrata pogoduje većem nakupljanju ukupne suhe tvari kao što je to i potvrđeno u istraživanju skupine autora (Jakše i sur., 2012). U intervalu navodnjavanja od 48 h u prvom i drugom roku berbe uočava se blago povećanje ukupne suhe tvari čemu uzrok može biti blaži vodni stres. Dok se u rikoli vrijednosti razlikuju unutar korištenih supstrata, kod špinata je vodni stres imao pozitivan utjecaj na sadržaj ukupne suhe tvari kao što se podudara i s navodima drugih autora Morgen i sur. (2015). Razlike u sadržaju ukupne suhe tvari se najviše očituju između tretmana intervala navodnjavanja. U uzorcima špinata pri intervalu navodnjavanja od 48 h (BŠP i BŠS) utvrđene su veće vrijednosti ukupne suhe tvari i to za čak 11 % u usporedbi s uzrocima uzgajanim u intervalu od 24 h (AŠP i AŠS). U istraživanju Fontana i sur. (2009) i Incrocci i sur. (2001) visoki sadržaj ukupne suhe tvari kod rikole uzgojene u tlu proizlazi iz mnogobrojnih čimbenika koji u uzgoju na otvorenom utječu na rast biljke. Istovremeno, razlog nižeg sadržaja ukupne suhe tvari u hidroponskom sustavu uzgoja je mogućnost biljke da iskorištava vodu i hranive tvari kako bi proizvodila veći sadržaj svježih tvari. Niže vrijednosti sadržaja ukupne suhe tvari dobivene u ovom istraživanju posljedica su uzgoja u sustavu „plime i oseke“ što potvrđuju i druga istraživanja (Bonasia i sur., 2017). Razlog smanjenja količine suhe tvari u sustavu „plime i oseke“ proizlazi iz induciranog vodnog stresa koji je uvjetovan intervalima navodnjavanja te periodičnog prekidanja dostupnosti biljke hranivoj otopini.

Kiseline u povrtnim vrstama sadržane su u malim količinama, a potječu od organskih kiselina i njihovih soli (Katalinić, 2006). U povrću ih ima manje od 0,1% (Jašić i sur., 2008).

pH vrijednost povrća najčešće se kreće u rasponu od 5,5 do 6,5 (Belitz i Grosch, 1999). U ovom istraživanju, uočen je blagi trend smanjenja pH vrijednosti tijekom različitih rokova berbe. Također, zabilježena je veća pH vrijednost kod uzoraka špinata i rikole uzgojenih u perlitu nego kod biljaka uzgojenih u mješavini perlit:treset (1:4). Sadržaj ukupnih kiselina u špinatu postupno se snižavao kroz rokove berbe no nije zabilježena značajna razlika između korištenih supstrata i intervala navodnjavanja. Temeljem dobivenih rezultata moguće je zaključiti kako vodni stres većinom utječe na smanjenje ukupne kiselosti i pH- vrijednosti u istraživanim povrtnim vrstama.

## 5.2. Mineralni sastav

Osnovni trend koji je primijećen u mineralnom sastavu rikole kod svih tretmana bio je smanjivanje ukupnog sadržaja dušika, fosfora, kalcija i magnezija od prve prema trećoj berbi, a isti trend primijećen je kod špinata u sadržaju fosfora kalija i magnezija. Faktori poput vodnog stresa i starosti biljke mogli su utjecati na ovakav trend. Naime, u provedenom eksperimentu učinak vodnog stresa najviše je došao do izražaja u razdoblju treće berbe. Temperature u tom razdoblju bile su najviše te su biljke imale najveću lisnu površinu pa je i evapotranspiracija bila visoka. Kod biljaka navodnjavanih u intervalu od 48 h (BRS, BRP, BŠS, BŠP), čak je zabilježen i gubitak turgora. Brojni autori navode kako upravo vodni stres značajno utječe na usvajanje biogenih elemenata, poput smanjenja sadržaja magnezija (Ozkan i Kulak, 2013), dušika, fosfora (Zayed i Zeid, 1998) te kalcija (Kirmak i sur., 2003). Međutim, pojedina istraživanja sugeriraju povećanje sadržaja dušika, kalcija, magnezija i kalija, ali smanjenje sadržaja fosfora i željeza uvjetovano vodnim stresom (Abdel Rahman i sur., 1971; Tanguilig i sur., 1987). Ipak Akinci i Lösel (2012) zaključuju kako vodni stres kod usvajanja hraniva u biljku najčešće djeluje kao ograničavajući faktor čime bi se mogao objasniti trend smanjenja sadržaja dušika, fosfora, kalcija i magnezija u rikoli te smanjenja sadržaja fosfora, kalija i magnezija u špinatu od prve do zadnje berbe utvrđen u ovom istraživanju. Starost biljaka također je mogla utjecati na trend smanjenja sadržaja hraniva u rikoli (Chukwu, 2013). Kod rikole se sadržaj dušika, fosfora, kalcija i magnezija počeo smanjivati već 27 DNS, a kod špinata smanjenje sadržaja fosfora, kalija i magnezija nastupilo je 34 DNS. Naime, razni autori dobili su različite podatke vezano za akumulaciju biogenih elemenata u biljci s obzirom na starost biljke. Chukwu (2013) je zabilježio porast sadržaja magnezija i kalcija 70 DNS, dok

se sadržaj kalija počeo smanjivati već 50 DNS. U istraživanju mineralnog sastava lisnatih povrtnica, Khader i Rama (2003) zaključili su da je sadržaj kalcija i magnezija rastao do 30 DNS, dok se sadržaj fosfora smanjivao već 15 DNS. Modi (2007) za nekolicinu vrsta zaključuje da sadržaj kalcija u ST biljke raste sve do 60 DNS, a Uddin i sur. (2012) utvrdili su stalno povećanje sadržaja kalija, kalcija i magnezija u ST biljke do 60 DNS.

U odnosu na sadržaj makroelemenata utvrđen kod drugih autora (Bhattacharjee i sur., 1998; Citak i Sonmez, 2009; Barlas i sur., 2011; Knap i sur., 2014) u ovom istraživanju utvrđen je veći sadržaj dušika, fosfora i kalija te manji sadržaj kalcija i magnezija u ST rikole i špinata. Posebno valja istaknuti da su utvrđene vrijednosti sadržaja kalija kod obje povrtnice bile i do dva puta veće nego kod spomenutih autora dok je sadržaj kalcija i magnezija bio i do dva puta manji. Dakle vrijednosti sadržaja kalija utvrđene u ovom pokusu kod špinata i rikole bile su relativno velike, a omjer K/Ca (10/1 špinat; 4:1 rikola) te K/Mg (12:1 špinat; 13:1 rikola) bio je izuzetno visok. Omjer K/Ca u hranivoj otopini bio je 3:1, dok je omjer K/Mg bio 30:1. Uzevši u obzir visoki omjer između kalija i ostalih elemenata (osobito magnezija) moguće je da je prilikom usvajanja hraniva došlo do međusobnih interakcija iona kod kojih pojedini ioni pri većoj koncentraciji u tlu, supstratu ili hranivoj otopini sprječavaju usvajanje drugih iona. Neke od najčešćih takvih interakcija predstavljaju upravo odnos K/Ca te K/Mg. Brojni autori (Buchloh i Bangerth, 1974; van Lune i van Goor, 1977; Lešić i sur., 2004; Lisjak i sur., 2008; Vukadinović i Vukadinović, 2011) opisuju navedenu pojavu te ističu kako visoka koncentracija kalija u tlu, supstratu ili hranivoj otopini može utjecati na smanjeno usvajanje elemenata s kojima je kalij u antagonističkom odnosu (kalcij i magnezij) osobito ako su prisutni u maloj koncentraciji.

### **5.3. Bioaktivni spojevi**

Vitamin C je najvažniji u vodi topiv vitamin značajnog antioksidacijskog djelovanja prilikom čega štiti lipoproteine od oksidacije (Šic Žlabur i sur., 2016). Sadržaj vitamina C u voću i povrću može varirati s obzirom na genotip, agrotehničke mjere, klimatske faktore, stadij razvoja, način berbe i skladištenje (Nurzyńska-Wierdak, 2009; Lee i sur. 2000). Vrijednosti vitamina C u špinatu mogu varirati između od 12 mg/100 g do 112 mg/100 g, što ponajprije ovisi o načinu uzgoja (Gil i sur. 1999; Koh i sur. 2012; Lešić i sur. 2016). U ovom istraživanju, pri uvjetima većeg vodnog stresa u intervalu navodnjavanja od 48 h (BŠP i BŠS)

zabilježena je veća vrijednost sadržaja vitamina C nego pri intervalu navodnjavanja od 24h (AŠP i AŠS). Utvrđen je i veći sadržaj vitamina C u špinatu uzgojenom u perlitu čije glavne karakteristike su ocjeditost i brže isušivanje u biljci. U tretmanima navodnjavanja od 48h u uzorcima špinata utvrđen je viši sadržaj suhe tvari što objašnjava i viši sadržaj vitamina C kao što je to zabilježeno i u istraživanju Takebe i sur. (1995). Rezultati u istraživanju ukazuju i na veći sadržaj vitamina C (iznad 80mg/100g) u rikolu uzgojenoj u sustavu „plime i oseke“ nego u istraživanjima uzgoja u tlu gdje se sadržaj vitamina C u rikoli kretao od 50 do 80 mg/100 g (Martinez-Sanchez i sur. 2008; Acikgoz, 2011 Nunes i sur., 2013 ).

Fenolni spojevi su najzastupljeniji sekundarni biljni metaboliti (Balasundram i sur., 2006. Osnovna im je uloga izravan utjecaj na rad biljnih obrambenih mehanizama te zaštitu od različitih abiotičkih i biotičkih čimbenika stresa. Karakterizira ih repelentan, u nekim slučajevima i toksičan utjecaj na štetočinje (Lambers, 1993), a njihova akumulacija utječe na organoleptička svojstva hrane (Dai i Mupmer, 2010; Diaz Napal i sur., 2010; Kennedy i Wightman, 2011). Fenolni spojevi stječu veliku popularnost otkrićem potencijalno korisnih učinaka na zdravlje ljudi u smislu prevencije bolesti raka, kardiovaskularnih (Hollman i sur., 1996; Pearson i sur., 1999; Auclair i sur., 2008) i raznih degenerativnih bolesti poput ateroskleroze i demencije (Finkel i Holbrook, 2000). Njihova sinteza je indirektno regulirana nekolicinom biotskih i abiotskih čimbenika i njihovog utjecaja na rast, razvoj i fotosintetski aparat. Međutim, još uvijek nije u potpunosti razjašnjen utjecaj različitih stresnih čimbenika kao stimulansa njihove akumulacije (Estiarte i sur., 1994). Sukladno navedenom, moguće je pretpostaviti da vrijednosti sadržaja ukupnih fenola, flavonoida i neflavonoida, osciliraju tijekom rasta i razvoja biljaka pri ujednačenim uvjetima stresa. Iz prikazanih rezultata (Slika 13) vidljive su značajne razlike ukupnog sadržaja fenolnih spojeva ovisno o intervalu navodnjavanja (24 i 48 h) i korištenom supstratu kroz različite rokove berbe. U uzorcima rikole, kod većine tretmana (ARP, BRP, BRS), osim biljaka uzgajanih u mješavini perlit:treset (1:4), pri intervalu navodnjavanja od 24 h (ARS), zabilježen je porast sadržaja ukupnih fenola i neflavonoida. Tijekom prve berbe, uzorci rikole navodnjavani u intervalu od 48 h (BRP i BRS) pokazali su za 5,5 % veći sadržaj ukupnih fenola te 30,1 % veći sadržaj neflavonoida u odnosu na uzorke navodnjavane svakih 24 h (ARP i ARS). Sličan trend porasta sadržaja ukupnih fenola i neflavonoida, s obzirom na interval navodnjavanja, zabilježen je i kod špinata u drugom roku berbe (Slika 13 i 15). Pritom je utvrđen porast ukupnih fenola za čak 12 % i neflavonoida za 18 % kod uzoraka navodnjavanih svakih 48 h (BŠP i BŠS). Obje povrtne vrste zabilježile su najveće vrijednosti sadržaja ukupnih flavonoida kod biljaka uzgajanih u mješavini supstrata, navodnjavanih svakih 24 h (ARS i

AŠS). Pritom, vrijednost sadržaja ukupnih flavonoida rikole i špinata opada u trećem roku berbe. Na temelju prikazanih rezultata (Slika 14 i 15, ARS i AŠS), utvrđeno je da se veći sadržaj flavonoida akumulira pri uvjetima manjeg vodnog stresa prouzrokovanog supstratom veće sposobnosti zadržavanja vode (perlit:treset 1:4). Također najveća akumulacija flavonoida odvijala se u ranijim rokovima berbe (prvi i drugi), što se podudara s navodima drugih autora (Bergquist i sur, 2005). Značajno najmanje vrijednosti sadržaja ukupnih fenola kod rikole i špinata zabilježene su kod biljaka uzgajanih u perlitu pri intervalu navodnjavanja od 24 h (ARP i AŠP). Uz navedeno, istoimeni tretmani (ARP i AŠP) rezultirali su i najmanjim ukupnim sadržajem neflavonoida kod obje povrtne vrste tijekom sva tri roka berbe (Slika 14 i 15). Mogući uzrok navedenim rezultatima su fizikalne karakteristike perlita. Zbog velikog broja mikropora, perlit posjeduje veći kapacitet za vodu od mješavine supstrata. Sukladno navedenom, biljke rikole i špinata, uzgajane u perlitu pri intervalu navodnjavanja od 24 h (ARP i AŠP) imale su na raspolaganju najveću količinu vode. Ipak, sposobnost perlita za zadržavanje vode kroz duže vremensko razdoblje je manja u odnosu na mješavinu supstrata, no s obzirom na češću dostupnost vode (svakih 24 h), veća ocjeditost perlita nije došla do izražaja. Time biljke nisu bile izložene vodnom stresu kao ostali tretmani što je rezultiralo smanjenim sadržajem ukupnih fenola i neflavonoida tijekom sva tri roka berbe. Temeljem dobivenih rezultata može se zaključiti da rikola i špinat akumuliraju najveći sadržaj ukupnih fenola i neflavonoida pri uvjetima većeg vodnog stresa (interval navodnjavanja svakih 48 h) i to 41 dan nakon sjetve. Dobiveni rezultati većeg sadržaja polifenolnih spojeva pri uvjetima nedostatka vode su u skladu s rezultatima istraživanja drugih autora (de Abreu i Mazzafera, 2005; Wink, 2010; Cartea i sur., 2011; Moinnudin i sur., 2012) koji navode značajno veće vrijednosti ukupnih fenolnih spojeva kod biljaka uzgajanih u uvjetima većeg vodnog stresa.

Glukozinolati su sekundarni biljni metaboliti, specifični za porodicu krstašica (*Brassicaceae*), koje karakterizira snažan kemozaštitni potencijal (Kwiatkowska, 2007). Odgovorni su za stimulaciju rada enzima koji kataliziraju mehanizme eliminacije kancerogenih tvari iz ljudskog organizma (Navarro, 2011). Također, direktno inhibiraju razne mutagene tvari te potiču odumiranje stanica (apoptozu) tumora (Calmes i sur., 2015). Glukozinolati u svojoj primarnoj strukturi sadrže dušične i sumporne komponente (Radojčić-Redovniković i sur., 2008). Smatra se da sudjeluju u brojnim obrambenim mehanizmima pri čemu njihovu akumulaciju stimuliraju različiti stresni uvjeti. Uvriježeno je mišljenje da je njihova primarna uloga u biljci zaštita od štetočinja i ozljeda nastalih njihovom ishranom (Radojčić-Redovniković i sur, 2008). Međutim, na akumulaciju glukozinolata moguće je utjecati izlaganjem biljke abiotikom stresu. Primjerice, Kim i Ishi (2007) navode kako je na

ukupni sadržaj glukozinolata kod rikole značajan utjecaj pokazalo sniženje temperature. Sukladno navedenom, moguće je pretpostaviti da će stresni uvjeti, prouzrokovani ostalim abiotskim čimbenicima poput nedostatka vode, rezultirati variranjem sadržaja ukupnih glukozinolata. U ovom istraživanju uspoređivanjem utjecaja različitih vremenskih intervala navodnjavanja na ukupni sadržaj glukozinolata kod rikole, ustanovljene su značajno veće vrijednosti kod biljaka uzgajanih pri intervalu navodnjavanja od 48 h (BRP, BRS, Slika 16). Navedeni rezultati su zabilježeni tijekom prvog i trećeg roka berbe te svjedoče o pozitivnom utjecaju vodnog stresa na ukupni sadržaj glukozinolata. Promatrajući režime navodnjavanja zasebno, vidljivo je da su veće vrijednosti ukupnih glukozinolata, tijekom treće berbe, zabilježene kod biljaka uzgojenih u perlitu (ARP i BRP, Slika 16) naspram onih u mješavini supstrata (ARS i BRS). Pritom je jasan doprinos korištenog perlita na vodni stres, a posljedično i na sadržaj ukupnih glukozinolata.

#### **5.4. Pigmentni spojevi**

Klorofili i drugi biljni pigmenti vrijedni su organski spojevi prvenstveno zato što pokazuju značajna antioksidativna, antikancerogena i antimutagena svojstva. U ljudskom organizmu procesom oksidacije svakodnevno nastaju brojni štetni spojevi, slobodni radikali, koji značajno narušavaju opće zdravlje organizma (Devasagayam i sur., 2004). Zahvaljujući svojoj molekularnoj strukturi koja sadrži velik broj hidroksilnih (-OH) i metilnih (-CH<sub>3</sub>) skupina, klorofili i karotenoidi imaju veliku sposobnost vezivanja slobodnih radikala. Iz toga proizlazi njihova vrijedna uloga u našoj svakodnevnoj prehrani. Kod većine biljaka, klorofili se javljaju u dva kemijski srodna oblika, kao modro zeleni klorofil a i kao žutozeleni klorofil b, a njihov kvantitativni odnos najčešće iznosi 3:1 (Šic Žlabur i sur., 2016). Razni autori (Sanchez i sur., 1983; Zgalla i sur., 2006; Khayatnezhad i Gholamin, 2011; Homayoun i sur., 2011; Najla i sur. 2012; Freitas i sur, 2017) navode kako vodni stres pokazuje negativan utjecaj na sadržaj ukupnog klorofila u biljci što je u skladu s rezultatima koje smo dobili u ovom istraživanju. Naime, najveći sadržaj ukupnih klorofila u rikoli postignut je u uzorcima uzgajanim u mješavini perlit:treset (1:4) navodnjavanjem u intervalu od 24 h (ARS - 0,85 mg/g) (Slika 17). Ovakav rezultat je i očekivan s obzirom da miješani supstrat (perlit:treset 1:4) ima veću sposobnost zadržavanja vode od perlita te da su biljke češće navodnjavane. Duža sušna razdoblja (interval navodnjavanja 48 h) u kombinaciji s perlitom rezultirala su



većim vodnim stresom i posljedično manjim sadržajem ukupnih klorofila u rikoli uzgajanoj u ostalim tretmanima. Drugi autori navode manje vrijednosti sadržaja ukupnih klorofila kod rikole uzgajane u tlu (Žnidarčić i sur., 2011, Cavaiuolo i Ferrante, 2014), ali i veće vrijednosti sadržaja ukupnih klorofila kod rikole uzgajane hidroponski u plutajućem sustavu (*floating*) (Vernieri i sur., 2006). No, blagi vodni stres karakterističan za sustav „plime i oseke“, kakvog u plutajućem sustavu nema, mogao je uzrokovati manji sadržaj ukupnih klorofila u rikoli iz našeg pokusa.

Prosječni sadržaj ukupnih klorofila u rikoli uzgajanoj u perlitu navodnjavanoj u intervalu od 24 h (ARP) bio je sličan kao i prosječni sadržaj ukupnih klorofila u rikoli navodnjavanoj u intervalu od 48 h (BRP, BRS) neovisno o uzgojnom supstratu (Slika 17). Međutim, ukupni sadržaj klorofila u rikoli navodnjavanoj u intervalu od 24 h uzgajanoj u perlitu (ARP) pokazuje trend povećanja, dok u intervalu od 48 h (BRP, BRS) pokazuje trend smanjenja ukupnih klorofila od prve do treće berbe. Rezultat toga mogla bi biti razlika u redovitosti opskrbe biljaka hranivom otopinom u kasnijim stadijima rasta. Naime, u periodu između druge i treće berbe dolazi do naglog zatopljenja praćenog većom insolacijom i manjom relativnom vlagom zraka u plasteniku (Slika 4). Moguće je da su opisani uvjeti popraćeni većom evapotranspiracijom rezultirali intenzivnijim vodnim stresom kod biljaka koje su hranivu otopinu dobivale u intervalu od 48 h. Trend smanjenja sadržaja ukupnih klorofila kod rikole navodnjavane u intervalu od 48 h mogao bi biti povezan i sa stanjem ishranjenosti biljaka. Naime, analiza mineralnog sastava biljaka pokazuje trend smanjenja sadržaja dušika i magnezija od prve prema trećoj berbi (Slika 10 i 11). Manji udio dušika i magnezija u suhoj tvari biljke mogao bi biti rezultat naglog rasta biljaka, ali i manje dostupnosti hranive otopine s obzirom na više temperature i rastuću evapotranspiraciju. Brojni autori (Hermans i Verbruggen, 2005; Kasinath i sur., 2014; Lili i sur., 2014; Tanoi i Kobayashi, 2015; Guo i sur., 2016) navode kako postoji snažna povezanost između sadržaja dušika i magnezija u biljci te sadržaja ukupnih klorofila. Smanjenjem udjela navedenih makroelemenata smanjuje se i sadržaj ukupnih klorofila u biljci. Prema tome, smanjenje sadržaja ukupnih klorofila u rikoli moglo bi biti povezano i sa smanjivanjem udjela dušika i magnezija u suhoj tvari biljke. Kod rikole u drugoj berbi nije bilo statistički značajne razlike u sadržaju ukupnih klorofila između tretmana. Naime, u razdoblju kada je nastupila druga berba došlo je do zahlađenja koje je rezultiralo nižim temperaturama, višom relativnom vlagom zraka, manjim brojem sunčanih sati te posljedično manjom evapotranspiracijom (Slika 4). Opisane okolnosti mogle su rezultirati izostankom vodnog stresa te ujednačenijim uvjetima za rast biljaka u svim tretmanima. U provedenom istraživanju omjer klorofila a:b koji je utvrđen

u rikoli kretao se oko 2:1. Žnidarčić i sur. (2011) utvrdili su nešto veći omjer klorofila a:b (2,5:1). Kod špinata najmanji sadržaj ukupnih klorofila utvrđen je u uzorcima uzgajanim u perlitu navodnjavanim u intervalu od 48 h (BŠP), što je objašnjivo djelovanjem vodnog stresa na biljku. U ostalim tretmanima (AŠP, AŠS, BŠS) sadržaj ukupnih klorofila ujednačen je pa dolazimo do zaključka da je kod špinata vodni stres manje utjecao na akumulaciju ukupnih klorofila nego kod rikole. Ipak, značajno najveći sadržaj ukupnih klorofila u ovim tretmanima utvrđen je u trećoj berbi. Drugi autori (Watanabe i sur., 1994; Deveci i Uzun, 2011) navode da sadržaj ukupnih klorofila u špinatu raste što je biljka starija čime bi se dijelom mogao objasniti nagli porast sadržaja ukupnih klorofila u trećoj berbi (48 DNS). Omjer klorofila a:b utvrđen u špinatu bio je oko 2:1 pri čemu su vrijednosti sadržaja klorofila a i b bile najveće u trećoj berbi sukladno rezultatima utvrđenim za ukupni klorofil.

Sadržaj ukupnih karotenoida utvrđen kod rikole nije se značajno razlikovao između tretmana. Uočen je blagi porast u sadržaju ukupnih karotenoida između prve i treće berbe. Statistički značajno najmanji sadržaj ukupnih karotenoida kod špinata utvrđen je u uzorcima uzgajanim u perlitu navodnjavanim u intervalu od 48 h (BŠP) u sve tri berbe što bi se moglo pripisati utjecaju vodnog stresa na biljke. U špinatu je također utvrđen porast u sadržaju ukupnih karotenoida od prve do treće berbe u svim tretmanima osim BŠP.

## **5.5. Antioksidacijski kapacitet**

Biološki aktivni spojevi definirani su kao esencijalne i neesencijalne tvari (vitamini, polifenolni spojevi, glukozinolati, pigmentni spojevi itd.) prisutne u prirodi te karakteristične po pozitivnom djelovanju na ljudsko zdravlje (Oszmiański i Wojdyło, 2005; Biesalski i sur., 2009; Tiwari i sur., 2013). Glavna uloga bioaktivnih spojeva u biosustavima poput ljudskih stanica je neutralizacija oksidacijskih procesa putem uklanjanja slobodnih radikala, što se očituje kao antioksidacijska aktivnost (Devasagayam i sur., 2004). Antioksidacijska aktivnost različitih biljnih vrsta u izravnoj je korelaciji sa sastavom bioaktivnih spojeva, odnosno veći sadržaj istih rezultira i većom antioksidacijskom aktivnosti (Garcia-Salas i sur., 2010; Zayova i sur., 2013; Šic Žlabur i sur., 2016). Spojevi koji dokazano pokazuju najsnažnije antioksidacijsko djelovanje su polifenolni spojevi, prvenstveno fenoli i flavonoidi (Dai i Mumper, 2010). Praćenjem vrijednosti sadržaja ukupnih fenola i flavonoida, moguće je uočiti slične trendove kretanja između antioksidacijskog kapaciteta i navedenih spojeva.

Uspoređujući dobivene rezultate sadržaja ukupnih fenola (Slika 13) i antioksidacijskog kapaciteta (Slika 21), kod obje povrtne vrste je vidljiv snažan porast vrijednosti antioksidacijskog kapaciteta povećanjem vrijednosti ukupnih fenola. Pritom su tijekom prve berbe rikole (27 DNS), najveće vrijednosti antioksidacijskog kapaciteta zabilježene kod biljaka uzgajanih pri intervalu navodnjavanja od 48 h, neovisno o korištenom supstratu (BRS i BRP, Slika 21). Istovremeno, vrijednosti antioksidacijskog kapaciteta špinata nisu značajnije varirale među istraživanim tretmanima. Promatramo li trend kretanja vrijednosti antioksidacijskog kapaciteta rikole tijekom sve tri berbe (Slika 21), moguće je uočiti gotovo dvostruki porast vrijednosti prijelazom s prvog na drugi rok berbe. Navedeno se podudara s kretanjama sadržaja ukupnih fenola pri čemu je najintenzivniji porast ostvaren istog roka berbe, te svjedoči o međusobnoj povezanosti spomenutih čimbenika. Slična veza između sadržaja ukupnih fenola i antioksidacijskog kapaciteta zabilježena je i kod špinata. Pritom se, smanjivanjem sadržaja ukupnih fenola smanjivao i antioksidacijski kapacitet, što je najizraženije pri trećem roku berbe (47 DNS).

## 6. ZAKLJUČCI

Temeljem ostvarenih rezultata provedenog istraživanja može se zaključiti sljedeće:

1. Vodni stres pri intervalu navodnjavanja od 48 h pozitivno utječe na sadržaj bioaktivnih spojeva: vitamina C, ukupnih fenola, neflavonoida i glukozinolata.
2. Vodni stres negativno utječe na usvajanje fosfora i kalcija kod rikole, te fosfora i magnezija kod špinata. Visok omjer kalija u hranivoj otopini antagonistički djeluje na usvajanje kalcija i magnezija kod obje povrtne vrste.
3. Utvrđena je povezanost sadržaja bioaktivnih komponenti: klorofila, vitamina C, ukupnih fenola i glukozinolata s antioksidacijskim kapacitetom. Odnosno, uzorci rikole i špinata kod kojih su zabilježene veće vrijednosti navedenih spojeva ostvarile su i veći antioksidacijski kapacitet.
4. Upotrebom perlita kao uzgojnog medija postignute su značajno veće vrijednosti sadržaja vitamina C, ukupnih fenola, neflavonoida te glukozinolata kod rikole i špinata. Biljni pigmenti (karotenoidi, klorofil a i b), flavonoidi te suha tvar ostvarili su značajno veće vrijednosti kod biljaka uzgojenih u mješavini supstrata (perlit:treset, 1:4).
5. Sadržaj bioaktivnih spojeva varira tijekom različitih rokova berbe. Pritom su najveće vrijednosti većine bioaktivnih spojeva u rikoli utvrđene u drugom i trećem roku berbe (34. i 41. dan nakon sjetve), a kod špinata pri drugom roku berbe (41. dan nakon sjetve).

Većina istraživanja uzgoja lisnatih, povrtnih vrsta u sustavu „plime i oseke“ orijentirana je na morfološke karakteristike uzgajanih vrsta dok vrlo mali broj pruža sveobuhvatni prikaz promjena sadržaja bioaktivnih spojeva variranjem ključnih faktora poput intervala navodnjavanja, uzgojnog supstrata i roka berbe što je i najveći doprinos ovog istraživanja.

## **7. ZAHVALE**

Zahvaljujemo prije svega našoj mentorici doc. dr. sc. Jani Šic Žlabur te djelatnicima Zavoda za poljoprivrednu tehnologiju, skladištenje i transport na neizmjernom trudu i angažmanu tijekom izrade ovog rada. Zahvaljujemo se prof. dr. sc. Ines Han Dovedan i doc. dr. sc. Miroslavu Poji sa Zavoda za ukrasno bilje, na ustupljenom pokušališnom prostoru. Također, zahvaljujemo se izv. prof. dr. sc. Nini Toth te doc. dr. sc. Božidaru Benku na savjetima pri postavljanju pokusa, te dr. sc. Sanji Slunjski i prof. dr. sc. Lepomiru Čogi na analizama mineralnog sastava. Također, se od srca zahvaljujemo Martini Krilčić i doc. dr. sc. Anti Galiću na velikom strpljenju i razumijevanju.

## 8. POPIS LITERATURE

1. Acikgoz F.E. (2011). The effects of different sowing time practices on Vitamin C and mineral material content for rocket (*Eruca vesicaria* subsp. *sativa* (Mill)). *Scientific Research and Essays*, 6(15): 3127-3131.
2. AOAC (1995). *Official methods of Analysis* (16th ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.
3. AOAC (2002). *Official methods of Analysis* (17th ed.). Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.
4. Auclair S., Milenkovic D., Besson C., Chauvet S., Gueux E., Morand C. (2009). Catechin reduces atherosclerotic lesion development in apo E-deficient mice: A transcriptomic study. *Atherosclerosis*, 204: 21-27.
5. Balasundram N., Sundram K., Samman S. (2006). Phenolic compounds in plants and agri-industrial by-products: Antioxidant activity, occurrence, and potential uses. *Food Chemistry*, 99(1): 191-203.
6. Barillari J., Canistro D., Paolini M., Ferroni F., Pedulli G.F., Iori R., Valgimigli L. (2005). Direct antioxidant activity of purified glucoerucin, the dietary secondary metabolite contained in rocket (*Eruca sativa*) seeds and sprouts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53: 2475–2482.
7. Belitz H.-D., Grosch W. (1999). *Food Chemistry* (2. izdanje), Springer, Njemačka.
8. Bennett R.N., Carvalho R., Mellon F.A., Eagles J., Rosa E.A.S. (2007). Identification and quantification of glucosinolates in sprouts derived from seeds of wild *Eruca sativa* (salad rocket) and *Diplotaxis tenuifolia* (wild rocket) from diverse geographical locations. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55: 67–74.
9. Bennett R.N., Mellon F.A., Botting N.P., Eagles J., Rosa E.A.S., Williamson G. (2002). Identification of the major glucosinolate (4-mercaptobutyl glucosinolate) in leaves of *Eruca sativa* (salad rocket). *Phytochemistry*, 61(1): 25–30.
10. Bennett R.N., Rosa E.A.S., Mellon F.A., Kroon P.A. (2006). Ontogenic profiling of glucosinolates, flavonoids, and other secondary metabolites in *Eruca sativa* (salad rocket), *Diplotaxis eruroides* (wall rocket), *Diplotaxis tenuifolia* (wild rocket), and *Bunias orientalis* (turkish rocket). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54: 4005–4015.

11. Bergquist S.A., Gertsson U.E., Knuthsen P., Olsson M.E. (2005). Flavonoids in Baby Spinach (*Spinacia oleracea* L.): Changes during Plant Growth and Storage. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 53, 9459-9464.
12. Bonasia A., Lazzizzera C., Elia A., Conversa G. (2017). Nutritional, Biophysical and Physiological Characteristics of Wild Rocket Genotypes As Affected by Soilless Cultivation System, Salinity Level of Nutrient Solution and Growing Period. *Frontiers in plant science*, 8: 300.
13. Calmes B. (2015). Glucosinolate-derived isothiocyanates impact mitochondrial function in fungal cells and elicit an oxidative stress response necessary for growth recovery. *Frontiers in Plant Science*, 6:414.
14. Cartea M.E., Francisco M., Soengas P., Velasco P. (2011). Phenolic Compounds in Brassica Vegetables. *Molecules*, 16: 251-280.
15. Cavaiuolo M., Ferrante A. (2014). Nitrates and glucosinolates as strong determinants of the nutritional quality in rocket leafy salads. *Nutrients*, 6(4): 1519-1538.
16. Dai J., Mumper R.J. (2010) Plant Phenolics: Extraction, Analysis and Their Antioxidant and Anticancer Properties. *Molecules*, 15: 7313-7352.
17. Devasagayam T., Tilak J., Bloor K., Sane K., Ghaskadbi S., Lele R. (2004). Free radicals and antioxidants in human health: Current status and future prospects. *Journal of the Association of Physicians of India*, 52: 794–804.
18. Deveci M., Uzun E. (2011). Determination of Phenolic Compounds and Chlorophyll Content of Spinach (*Spinacia oleracea* L.) at Different Growth Stages. *Asian Journal of Chemistry*, 23(8): 3739-3743.
19. Diaz Napal G.N., Defagó M., Valladares G., Palacios S. (2010). Response of *Epilachna paenulata* to two flavonoids, pinocembrin and quercetin, in a comparative study. *Journal of Chemical Ecology*, 36: 898-904.
20. Diaz-Perez M., Camacho-Ferre F. (2010). Effect of Composts in Substrates on the Growth of Tomato Transplants. *HortTechnology*, 20(2): 361-367.
21. Erken O., Oztokat Kuzucu C., Cakir R. (2013). Impact of different water supply levels on yield and biochemical ingredients in broccoli. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 19(5): 1009-1017.
22. Eryilmaz Acikgoz F. (2011). The effects of different sowing time practices on Vitamin C and mineral material content for rocket (*Eruca vesicaria* subsp. *sativa* (Mill), *Scientific research and essays*, 6(15): 3127-3131.

23. Estiarte M., Filella I., Serra J., Penuelas J. (1994). Effects of nutrient and water stress on leaf phenolic content of peppers and susceptibility to generalist herbivore *Helicoverpa armigera* (Hubner). *Oecologia*, 99: 387-391.
24. Fico, G., Bilia, A. R., Morelli, I., Tome, F. (2000). Flavonoid distribution in *Pyracantha coccinea* plants at different growth phases. *Biochemical Systematics and Ecology*, 28: 673-678.
25. Finkel T., Holbrook N.J. (2008). Oxidants, oxidative stress and the biology of ageing. *Nature*, 408: 239-247.
26. Fontana E., Nicola S. (2009). Traditional and soilless culture systems to produce corn salad (*Valerianella olitoria* L.) and rocket (*Eruca sativa* Mill.) with low nitrate content. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 7(2): 405-410.
27. Fortier E., Desjardins Y., Tremblay N., Belec C., Cote M. (2010). Influence of irrigation and nitrogen fertilization on broccoli polyphenolics concentration. *ISHS Acta Horticulturae*, 856. International Symposium on Vegetable Safety and Human Health.
28. Freitas E.M., Giovanelli L.B., Delazari F.T., Santos M.L., Pereira S.B., Silva D.J.H. (2017). Arugula production as a function of irrigation depths and potassium fertilization. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 21(3): 197-202.
29. Gent M.P.N., McAvoy R.J. (2011). Water and Nutrient Uptake and Use Efficiency with Partial Saturation Ebb and Flow Watering. *HortScience* 46(5): 791-798.
30. Gil, M.I., Ferreres, F., Tomas-Barberan, F.A. (1999). Effect of postharvest storage and processing on the antioxidant constituents (flavonoids and vitamin C) of freshcut spinach. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47: 2213–2217.
31. Guo W., Nazim H., Liang Z., Yang D. (2016). Magnesium deficiency in plants: An urgent problem. *The Crop Journal*, 4(2): 83-91.
32. Heimler D., Isolani L., Vignolini P., Tombelli S., Romani A. (2007). Polyphenol content and antioxidative activity in some species of freshly consumed salads. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55: 1724–1729.
33. Hermans C., Verbruggen N. (2005). Physiological characterization of Mg deficiency in *Arabidopsis thaliana*. *Journal of Experimental Botany*, 56(418): 2153–2161.
34. Hollman P.C.H. (1996). Analysis and health effects of flavonoids. *Food Chemistry* 57: 43-46.
35. Holm G.(1954). Chlorophyll mutations in barley. *Acta Agriculturae Scandinavica*, 4: 457-471.



36. Homayoun H., Sam Daliri M., Mehrabi P. (2011). Effect of Drought Stress on Leaf Chlorophyll in Corn Cultivars (*Zea mays*). Middle-East Journal of Scientific Research, 9(3): 418-420.
37. HRN ISO 11261:2004. Kakvoća tla, određivanje ukupnog dušika prilagođena Kjedahlova metoda (ISO 11261: 1995), Republika Hrvatska.
38. Incrocci L., Lorenzini O., Malorgio F., Pardossi A., Tognoni, F. (2001). Valutazione quanti-qualitativa della produzione di rucola (*Eruca vesicaria* L. Cav.) e basilico (*Ocimum basilicum* L.) ottenuta in suolo e floating system utilizzando acque irrigue con differenti contenuti di NaCl. Italus Hortus, 8(6):92-97.
39. Jakše M., Hacin J., Kacjan Maršić N., (2012). Production of rocket (*Eruca sativa* Mill.) on plug trays and on a floating system in relation to reduced nitrate content. Acta agriculturae Slovenica, 101(1): 59.
40. Jašić M., Begić L. (2008). Biohemija hrane I., PrintCom d.o.o., Grafički inženjering Tuzla, Tuzla.
41. Jezek J., Haggett B.G.D., Atkinson A., Rawson, D.M., 1999. Determination of glucosinolates using their alkaline degradation and reaction with ferricyanide. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 47: 4669-4674.
42. Kasinath B.L., Senthivel T., Ganeshmurty A.N., Kumar M.S. (2014). Effect of magnesium application on chlorophyll content and yield of tomato. Plant Archives, 14(2): 801-804.
43. Katalinić V. (2006). Kemija mediteranskog voća i tehnologija prerade. Skripta I. dio. Kemijsko tehnološki fakultet, Sveučilište u Splitu, Split.
44. Kennedy D.O., Wightman E.L. (2011). Herbal extracts and phytochemicals: plant secondary metabolites and the enhancement of human brain function. Advanced Nutrition, 2(1): 32-50.
45. Khayatnezhad M., Gholamin R. (2011). The effect of drought stress on leaf chlorophyll content and stress resistance in maize cultivars (*Zea mays*). African Journal of Microbiology Research, 6(12): 2844-2848.
46. Kim S.J., Ishii G. (2006). Glucosinolate profiles in the seeds, leaves and roots of rocket salad (*Eruca sativa*) and anti-oxidative activities of intact plant powder and purified 4-methoxyglucobrassicin. Soil Science and Plant Nutrition, 52: 394-400.
47. Kim S.J., Ishii G. (2007). Effect of storage temperature and duration on glucosinolate, total vitamin C and nitrate contents in rocket salad (*Eruca sativa* Mill.). Journal of the Science of Food and Agriculture, 87:966-973.

48. Koh E., Charoenprasert S., Mitchell A. E. (2012). Effect of Organic and Conventional Cropping Systems on Ascorbic Acid, Vitamin C, Flavonoids, Nitrate, and Oxalate in 27 Varieties of Spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(12): 3144–3150.
49. Kwiatkowska E. (2007). The role of glucosinolates in the prevention of cancer mechanisms of actions. *Roczn. Panstw.*, 58(1): 7-13.
50. Lambers H. (1993). Rising CO<sub>2</sub> and secondary plants metabolism, plant-herbivore interactions and litter decomposition. *Vegetatio* 104(1): 263-271.
51. Lee S. K., Kader A. (2000). Preharvest and postharvest factors influencing vitamin C content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology*, 20(3): 207-220.
52. Lešić, R., Borošić J., Buturac I., Herak Ćustić M., Poljak M., Romić D. (2016). *Povrćarstvo*. Zrinski dd., Čakovec, Hrvatska.
53. Leskovar, D.I. (1998). Root and shoot modification by irrigation. *HortTechnology*, 8(4): 510-514.
54. Lili L., Yi H., Liangzhi P., Changpin C. (2014). Influence of magnesium deficiency on chlorophyll fluorescence characteristic in leaves of Newhall navel orange. *Acta ecologica sinica*, 34(7): 1672-1680.
55. Martínez-Sánchez A., Gil-Izquierdo A., Gil M. I., Ferreres F. (2008). A Comparative Study of Flavonoid Compounds, Vitamin C, and Antioxidant Properties of Baby Leaf Brassicaceae Species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(7): 2330–2340.
56. Mewis I., Khan M.A.M., Glawischnig E., Schreiner M., Ulrichs C. (2012). Water Stress and Aphid Feeding Differentially Influence Metabolite Composition in *Arabidopsis thaliana* (L.). *PLoS ONE* 7(11): 1-15.
57. Moinuddin M., Khan M.A., Naeem M. (2012). Drought Stress Effects on Medicinal and Aromatic Plants and the Possible Stress Amelioration by Mineral Nutrition. *Medicinal and Aromatic Plant Science and Biotechnology*, 12: 142-171.
58. Morgen L.M., Beachem A.M., Reade J.P., Monaghan J.M. (2015). Moderate water stress prevents the postharvest decline of ascorbic acid in spinach (*Spinacia oleracea* L.) but not in spinach beet (*Beta vulgaris* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*.
59. Najla S., Sanoubar R., Murshed R. (2012). Morphological and biochemical changes in two parsley varieties upon water stress. *Physiology and molecular biology of plants*, 18(2): 133-139.

60. Navarro S.L., Li F., Lampe J.W. (2011). Mechanisms of Action of Isothiocyanates, derived from glucosinolates in Cancer Chemoprevention: An Update. *Food and Function*, 2(10): 579–587.
61. Nunes T. P., Martins C.G., Faria A.F., Bíscola V., de Oliveira Souza L.K., Mercadente A. Z., Cordenunsi B. R., Landgraf M. (2013). Changes in total ascorbic acid and carotenoids in minimally processed irradiated Arugula (*Eruca sativa* Mill) stored under refrigeration. *Radiation Physics and Chemistry*, 90: 125-130.
62. Nurzyńska-Wierdak R. (2009). Growth and yield of garden rocket affected by nitrogen and potassium fertilization. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 8(4): 23-33.
63. Ough C.S., Amerine M.A. (1988). *Methods for Analysis of Musts and Wines*. J. Wiley & Sons. Washington, SAD.
64. Pearson D.A., Tan C.H., German J.B., Davis A.P., Gershwin M.E. (1999). Apple juice inhibits human low density lipoprotein oxidation. *Life Sciences*, 64(21): 1913-1920.
65. Radman S., Žutić I., Fabek S., Šic Žlabur J., Benko B., Toth N., Čoga L. (2015). Influence of nitrogen fertilization on chemical composition of cultivated nettle. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 27(12): 889-896.
66. Radojčić Redovniković I., Glivetić T., Delonga K., Vorkapić Furač J. (2008). Glucosinolates and their potential role in plant. *Periodicum Biologorum*, 110(4): 297-309.
67. Ramegowda V., Senthil-Kumar M. (2015). The interactive effects of simultaneous biotic and abiotic stresses on plants: Mechanistic understanding from drought and pathogen combination. *Journal of Plant Physiology* 176: 47–54.
68. Re R., Pellegrini N., Proteggente A., Pannala A., Yang M., Rice-Evans C.A. (1999). Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26(9-10): 1231-1237.
69. Sanchez R.A., Hall A.J., Trapani N., de Hunau R.C. (1983). Effects of water stress on the chlorophyll content, nitrogen level and photosynthesis of leaves of two maize genotypes. *Photosynthesis research*, 4(1): 35-47.
70. SAS/STAT (2010). *Verzija 9.3*; SAS Institute. Cary, NC, SAD.
71. Šic Žlabur J., Voća S., Dobričević N. (2016). *Kvaliteta voća, povrća i preradevina - priručnik za vježbe*. Agronomski fakultet Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.
72. Stagnari F., Galieni A., Pisante M. (2016). Drought stress effects on crop quality. *Water Stress and Crop Plants: A Sustainable Approach*: 375-392.
73. Takebe M., Ishihara T., Matsuna K., Fojimoto J., Yoneyama T. (1995). Effect of Nitrogen Application on the Content Sugars, Ascorbic Acid, Nitrate And Oxalic Acid in

- Spinach (*Spinacia oleracea* L.) and Kamatsuna (*Nrasica compestris* L.). Japanese Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 66: 238-246.
74. Tanoi K., Kobayashi N.I. (2015). Leaf Senescence by Magnesium Deficiency. *Plants*, 4: 756-772.
  75. Vernieri P., Borghesi E., Tognoni F., Ferrante A., Serra G., Piaggese A. (2006). Use of Biostimulants for Reducing Nutrient Solution Concentration in Floating System. In III International Symposium on Models for Plant Growth, Environmental Control and Farm Management in Protected Cultivation, 718: 477-484.
  76. Wagner A.D., Unverzagt S., Grothe W., Kleber G., Grothey A., Haerting J., Fleig W.E. (2010). Chemotherapy for advanced gastric cancer. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 3: CD004064.
  77. Watanabe Y., Uchiyama F., Yoshida K. (1994). Compositional Changes in Spinach (*Spinacia oleracea* L.) Grown in the Summer and in the Fall. *Journal of the Japanese Society for the Horticultural Science*, 62(4): 889-895.
  78. Wettstein D. (1957). Chlorophyll letale und der submikroskopische Formwechsel der Plastiden. *Experimental Cell Research*, 12: 427-434.
  79. Wink, M. (2010). *Functions and Biotechnology of Plant Secondary Metabolites*. Wiley-Blackwell (2<sup>nd</sup> ed.), Oxford, UK.
  80. Zgallai H., Steppe K., Lemeur R. (2006). Effects of Different Levels of Water Stress on Leaf Water Potential, Stomatal Resistance, Protein and Chlorophyll Content and Certain Anti-oxidative Enzymes in Tomato Plants. *Journal of integrative plant biology*, 48(6): 679-685.
  81. Žnidarčič D., Ban D., Širčelj H. (2011). Carotenoid and chlorophyll composition of commonly consumed leafy vegetables in Mediterranean countries. *Food chemistry*, 129, 1164-1168.

## 9. SAŽETAK

### **Marin Cukrov, Luka Jerončić, Leon Prelogović: „Utjecaj kontroliranog vodnog stresa na sadržaj bioaktivnih spojeva u hidroponskom uzgoju rikole (*Eruca sativa* Mill.) i špinata (*Spinacia oleracea* L.)“**

Sekundarne biljne metabolite karakterizira širok spektar bioaktivnih spojeva od kojih brojni imaju pozitivan utjecaj na ljudsko zdravlje. Antioksidacijska svojstva spojeva poput pigmenata, vitamina, fenola, flavonoida i glukozinolata zaslužna su u prevenciji raznih bolesti. Biljne vrste se međusobno razlikuju u profilu i sadržaju fitokemikalija na čiju sintezu utječu brojni abiotski i biotski čimbenici. Opći cilj ovog rada bio je utvrditi utjecaj vodnog stresa korištenjem hidroponske tehnike „plime i oseke“ pri uzgoju rikole i špinata. Također, ispitati utjecaj navedene tehnike na nutritivnu vrijednost istraživanih kultura lisnatog povrća. Utvrđene su značajno veće vrijednosti sadržaja vitamina C, ukupnih fenola, neflavonoida i glukozinolata kod biljaka uzgojenih pri intervalu navodnjavanja od 48 h, odnosno, pod utjecajem većeg vodnog stresa. Istovremeno, istražen je i utjecaj različitih supstrata na sadržaj navedenih bioaktivnih spojeva. Neovisno o intervalu navodnjavanja, upotrebom perlita kao uzgojnog medija zabilježene su značajno veće vrijednosti sadržaja vitamina C, ukupnih fenola, neflavonoida te glukozinolata kod rikole i špinata. Biljni pigmenti (karotenoidi, klorofil a i b), flavonoidi i suha tvar ostvarili su značajno veće vrijednosti kod biljaka uzgojenih u mješavini supstrata (perlit:treset, 1:4). Također, utvrđena je pozitivna povezanost između antioksidacijskog kapaciteta sa sadržajem klorofila, vitamina C, ukupnih fenola i glukozinolata.

**Ključne riječi:** sustav „plime i oseke“, interval navodnjavanja, supstrat, rok berbe, fitokemikalije

## 10. SUMMARY

**Marin Cukrov, Luka Jerončić, Leon Prelogović: „Influence of controlled water stress on the bioactive compounds content in hydroponically grown rocket salad (*Eruca sativa* Mill.) and spinach (*Spinacia oleracea* L.)“**

Plant secondary metabolites are characterised by a wide array of bioactive compounds of which many have positive effects on human health. Antioxidative attributes of compounds such as pigments, ascorbic acid, phenols, flavonoids and glucosinolates are responsible for prevention of different diseases. Plant species differentiate in profile and content of phytochemicals whose synthesis influenced by many abiotic and biotic factors. General goal of this paper was to determine the effect of water stress on bioactive compounds of spinach and rocket salad by using hydroponic „Ebb and Flow“ technique. Also, by analysis of mineral content, as well as ascorbic acid, glucosinolates, leaf pigments (chlorophyll a and b, carotenoids), and phenolic (flavonoids, non-flavonoids) compounds, establish their values throughout three different harvest stages. By doing so, it is possible to increase the nutritive value and quality of leafy vegetables. Significantly larger values of vitamin C, total phenols, non-flavonoids and glucosinolates were recorded in plants grown under longer irrigation period of every 48 hours. This suggests that the content of latter compounds increases under longer period of water stress. The influence of difference growing medium on bioactive compounds of spinach and rocket salad was investigated simultaneously. Therefore significantly larger values of vitamin C, total phenols, non-flavonoids and glucosinolates were recorded on plants grown in perlite. Leaf pigments (chlorophyll a and b, carotenoids), flavonoids and dry matter were significantly increased in plants grown in mixture of substrates (perlite:peat, 1:4). Also, positive link between chlorophylls, vitamin C, total phenols and glucosinolates was established respectively.

**Key words:** “ebb and flow” system, irrigation regime, substrate, harvest period, phytochemicals