

Nina Toth<sup>1</sup>, Sanja Fabek<sup>1</sup>, Benko, B.<sup>1</sup>, Ivanka Žutić<sup>1</sup>, Sanja Stubljar<sup>1</sup>, Zeher, S.<sup>2</sup>

znanstveni rad

## Učinak abiotičkih čimbenika, gustoće sjetve i višekratne berbe na prinos rige u plutajućem hidroponu

### Sažetak

U istraživanju je vrednovan utjecaj gustoće sjetve (6 i 9 g m<sup>-2</sup>) i višekratne berbe (dva i tri navrata) na prinos rige sorta 'Coltivata' u plutajućem hidroponu. U cjelogodišnjem uzgoju u zaštićenom prostoru također je promatran utjecaj abiotičkih čimbenika tijekom tri razdoblja uzgoja (ljetno, jesen-zima i proljeće). Tijekom 339 dana istraživanja provedena su 24 pokusa, postavljena po metodi slučajnog bloknoeg rasporeda u četiri ponavljanja. Promatrani abiotički čimbenici (temperatura, količina otopljenog kisika, pH- i EC-vrijednost) hranjive otopine bili su u rasponu: 12,4 do 26,1 °C, 3,6 do 8,1 mg L<sup>-1</sup>, 5,4 do 6,6 i 2,7 do 3,3 dS m<sup>-1</sup>. Najmanja i najveća temperatura zraka bile su u rasponu 5,3 do 18,0 °C i 16,4 do 45,1 °C, a relativna vlaga zraka 48,1 do 78,9%. Najkraći proizvodni ciklus (36 dana od sjetve do druge berbe) bio je u ljetnom roku uzgoja s prosječnim vrijednostima abiotičkih čimbenika: temperatura zraka i hranjive otopine 28,1 i 25,3 °C, relativna vlaga zraka 53,6% i količina otopljenog kisika 5,0 mg L<sup>-1</sup>. Najduži proizvodni ciklus (77 dana) bio je u jesensko-zimskom roku uzgoja s najmanjom temperaturom zraka i hranjive otopine (14,2 i 15,2 °C), najvećom relativnom vlagom zraka (73,5%) i količinom otopljenog kisika (6,9 mg L<sup>-1</sup>). Veća gustoća sjetve u prvoj, drugoj i trećoj berbi rezultirala je 17, 30 i 50% većim prinosom u odnosu na manju gustoću sjetve. Bez obzira na gustoću sjetve najveći udio u ukupnom prinosu (53%) ostvaren je u prvoj berbi, manji (29%) u drugoj i najmanji (18%) u trećoj.

**Ključne riječi:** *Eruca sativa* Mill., hidroponski uzgoj, sustav plutajućih ploča, rok uzgoja, dužina proizvodnog ciklusa

### Uvod

Zanimanje za funkcionalnom hranom i rezanim lisnatim povrćem u porastu je u mnogim europskim zemljama (Nicola i sur., 2007). U Hrvatskoj je također prisutan razvoj potrošnje rezanog lisnatog povrća koji vodi ekspanziji tržišta proizvodom dodane vrijednosti, obzirom da se radi o opranom, rezanom i pakiranom povrću s oznakom „pripremljeno za jelo, odnosno, kuhanje“. Kontinuirana opskrba tržišta takvim proizvodom uključuje proizvodnju u zaštićenom prostoru, posebice u razdoblju kad je uzgoj na otvorenom ograničen, a cijene visoke (Wijnands, 2003). Upravljanjem abiotičkim čimbenicima klime u zaštićenom prostoru postižu se optimalni uvjeti za rast te skraćanje proizvodnih ciklusa.



Slika 1. Uzgoj rige u plutajućem hidroponu (foto: S. Fabek)

Međutim, specijalizirani proizvođači lisnatog povrća pri konvencionalnoj proizvodnji na tlu susreću se s problemom gljivičnih bolesti, nematoda i korova pa nisu u mogućnosti sigurno planirati i ugovarati veliku cjelogodišnju proizvodnju (Pimpini i Enzo, 1997). Stoga se uzgoj povrća u zaštićenom prostoru sve više mijenja iz konvencionalne proizvodnje na tlu u hidroponski uzgoj bez tla koji rješava navedene, ali i druge probleme vezane za tlo, s ciljem postizanja kvalitetnijeg i većeg prinosa uz smanjenje troškova proizvodnje i utjecaja na okoliš (Nicola i sur.,

2005). Hidroponski uzgoj dozvoljava kontrolu različitih čimbenika rasta i omogućuje čisti materijal pri berbi (Nicola i sur., 2007; Rico i sur., 2007; Alberici i sur., 2008). Veći prinos povrća u hidroponskom uzgoju temelji se na efikasnijem korištenju vode i hranjiva koje rezultira ubrzanim rastom, ranijom berbom, većim brojem proizvodnih ciklusa i produkcijom biomase u jedinici vremena i površini (Osvald i Kogoj-Osvald, 2005; Toth i sur., 2008). Takav sustav proizvodnje omogućava veću nutritivnu kvalitetu obzirom na sadržaj minerala i kontroliranu količinu nitrata (Gonella i sur., 2004).

Za uzgoj kultura kraće vegetacije kao što je lisnato povrće (riga, salata, matovilac, endivija, potočarka, špinat, portulak, kres salata i dr.) primjerene su hidroponske tehnike uzgoja bilja u zatvorenom sustavu u hranjivoj otopini bez inertnog supstrata. Kao najraširenije hidroponske tehnike pogodne za uzgoj lisnatog povrća su tehnika hranjivog filma i plutajući hidropon (Nicola i sur., 2007). Plutajući hidropon je jednostavan i jeftin hidroponski sustav obzirom na male troškove održavanja i rada te učinkovito korištenje vode i zaštićenog prostora (D'Anna i sur., 2003). Prednost plutajućeg hidropona je u smanjenom riziku od oštećenja korijena i odumiranja biljke budući da je korjenov sustav u izravnom kontaktu s velikim volumenom hranjive otopine. Također, radi se o zatvorenom sustavu s racionalnim korištenjem vode i hranjiva koji doprinosi očuvanju okoliša. U cilju ostvarenja većeg prinosa i kvalitete za svaku vrstu lisnatog povrća potrebno je odrediti optimalni sastav hranjive otopine, gustoću sjetve te odgovarajući sortiment ovisno o razdoblju uzgoja i namjeni (Alberici i sur., 2008).

U posljednje vrijeme, proizvodnja i potrošnja rige (*Eruca sativa* Mill.) u Europi i Americi u kontinuiranom su porastu, zahvaljujući funkcionalnim svojstvima te specifično pikantno-ljutkastom okusu listova koji se pretežito koriste kao dekoracija te dodatak salatama i jelima (Nicola i sur., 2007). Isti trend je zabilježen i u Hrvatskoj.

U skladu s porijeklom iz mediteranskog bazena, optimalna temperatura za klijanje rige je 25 °C, dok je za rast listova raspon dnevnih i noćnih temperatura od 22 do 24 °C,

<sup>1</sup> prof.dr.sc. Nina Toth, dr.sc. Sanja Fabek, dr.sc. Božidar Benko, doc.dr.sc. Ivanka Žutić, Sanja Stubljar, mag.ing.agr., Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za povrčarstvo, Svetošimunska 25, Zagreb

<sup>2</sup> Sandi Zeher, student dodiplomskog studija Bilinogojstvo, Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

odnosno, 16 do 18°C (Grubben i Denton, 2004; Osvald i Kogoj-Osvald, 2005; Pimpini i Enzo, 1997). U uvjetima visokih temperatura i dugog dana postoji rizik od brzog prelaska u generativnu fazu kada razvija granatu cvjetnu stabljiku koja na vrhovima nosi grozdaste cvatove (Lešić i sur., 2004). Berba mladog lišća i stabljike može započeti 20 do 60 dana nakon sjetve, pri dužini listova između 5 i 8cm. Zbog sposobnosti obnavljanja nadzemnog dijela biljke moguće je, ovisno u uvjetima uzgoja, provesti nekoliko berbi (2 do 5) u razmacima 10 do 20 dana. Tijekom prve berbe listovi se moraju rezati 0,5cm iznad kotiledonskih listova kako bi se izbjeglo oštećenje vegetacijskog vrha biljke i osiguralo brzo i obilno obnavljanje nadzemnog dijela. Pri narednim berbama listovi su duži (8 do 15cm) i jače razdijeljene plojke (Pimpini i Enzo, 1997; Grubben i Denton, 2004).

Po uspješnoj introdukciji proizvodnje plodovitog povrća bez tla, istraživanjem s rigom započelo se s uvođenjem u Hrvatsku primjerene hidroponske tehnologije i za uzgoj lisnatog povrća. Istraživanje je imalo za cilj utvrditi mogućnost cjelogodišnje proizvodnje rige u zaštićenom prostoru uz definiranje učinka gustoće sjetve i višekratne berbe na prinos pri različitim abiotskim čimbenicima u tri uzgojna razdoblja.

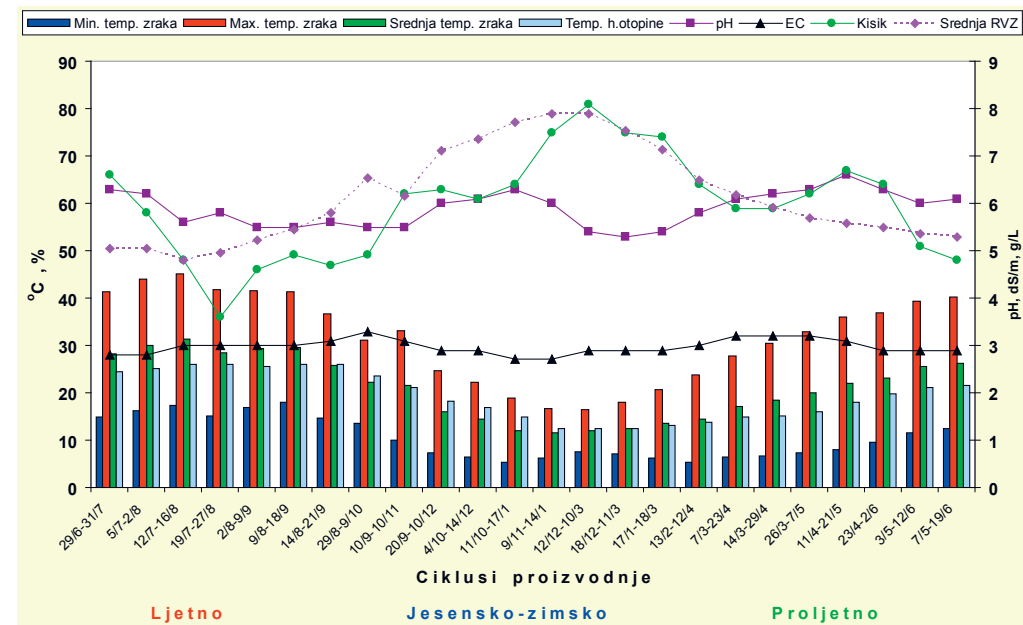
### Materijal i metode

U cilju introdukcije hidroponskog uzgoja lisnatog povrća u Hrvatsku, tijekom 2007. i 2008. godine istraživana je utjecaj gustoće sjetve i višekratne berbe na prinos rige uzgajane u različitim abiotskim uvjetima. Riga je uzgajana u plutajućem hidroponu u grijanom zaštićenom prostoru na području grada Zagreba (slika 1). Grijanje je programirano za održavanje temperature zraka iznad 5°C. Bazen s hranjivom otopinom bio je opremljen sustavom za aeriranje otopine. Korištena je prilagođena hranjiva otopina za lisnato povrće (Pimpini i sur., 2005). Pokus je uključivao sortu 'Coltivata' i dvije gustoće sjetve (6 i 9gm<sup>-2</sup>). Tijekom 339 dana istraživanja u tri uzgojna razdoblja (ljetno, jesensko-zimsko i proljetno) u 24 proizvodna ciklusa ponavljan je monofaktorijalni pokus, postavljan po slučajnom bloknom rasporedu u četiri ponavljanja. Dvije polistirenske ploče (0,96 m x 0,6m) sa 102 proreza (17cm dužine i 0,5cm širine) predstavljale su obračunsku parcelu (1,152m<sup>2</sup>). Ručna sjetva prvog proizvodnog ciklusa obavljena je 29. lipnja 2007. godine, a 24., odnosno, posljednjeg, 7. svibnja 2008.

Temperatura, količina otopljenog kisika, pH- i EC- vrijednost hranjive otopine te minimalna i maksimalna temperatura zraka i relativna vlaga zraka mjereni su svakodnevno. Stabilne pH- i EC-vrijednosti bile su održavane redovitim analizama hranjive otopine te odgovarajućom korekcijom koncentracije iona pojedinih makroelemenata.

Berba je započela 18. srpnja 2007. i trajala je do 15. lipnja 2008. godine. U svakom proizvodnom ciklusu obavljena je višekratna berba (dva do tri navrata) rige u fazi rozete sa 6 do 8 listova temeljem koje je utvrđen prinos pojedinačne berbe (slika 2).

Dobiveni rezultati statistički su obrađeni F-testom na razini signifikantnosti  $P \leq 0,1$ ,



Grafikon 1. Abiotski čimbenici tijekom 24 proizvodna ciklusa rige, 2007.-2008.

$P \leq 0,01$  i  $P \leq 0,001$ .

### Rezultati i rasprava

Prosječne vrijednosti glavnih abiotskih čimbenika za 24 proizvodna ciklusa rige tijekom tri uzgojna razdoblja u plutajućem hidroponu prikazane su u grafikonu 1. Razvidno je da su pH- i EC-vrijednosti hranjive otopine tijekom cijelog razdoblja istraživanja imale mala odstupanja od zadanih rangova (5,8 to 6,2 i 3,2 dSm<sup>-1</sup>), odnosno, upravljanje ovim pokazateljima je bilo uspješno. Suprotno tome, količina otopljenog kisika u hranjivoj otopini bila je vrlo promjenjiva tijekom istraživanja. Prema koeficijentu varijacije (cv) najveće kolebanje količine otopljenog kisika zabilježeno je u ljetnom uzgojnom razdoblju, manje u proljetnom i najmanje u jesensko-zimskom (17,7%, 11,19% i 11,08%). Količina otopljenog kisika u ljetnom i proljetnom razdoblju uzgoja s rasponima (3,6 do 6,6 i 4,8 do 6,7 mg L<sup>-1</sup>) bila je manja nego u jesensko-zimskom (6,1 do 8,1 mg L<sup>-1</sup>). Tijekom cijelog istraživanja količina otopljenog kisika bila je viša od minimalne (2 i 2,5mg L<sup>-1</sup>) koju za uzgoj lisnatog povrća preporučuju Goto i sur. (1996) te Chun i Takakura (1994) pa biljke nisu pokazivale simptome nedostatka kisika koji nastupaju tek pri vrijednosti manjoj od 1 mg L<sup>-1</sup> (Gonella i Serio, 2003). Temperatura hranjive otopine u ljetnom, jesensko-zimskom i proljetnom razdoblju uzgoja (25,3, 15,2 and 17,5°C) utjecala je na količinu otopljenog kisika (5,0, 6,9 i 5,9mgL<sup>-1</sup>), što je sukladno navodu Morgan (2009) da viša temperatura hranjive otopine rezultira smanjenim zadržavanjem kisika.

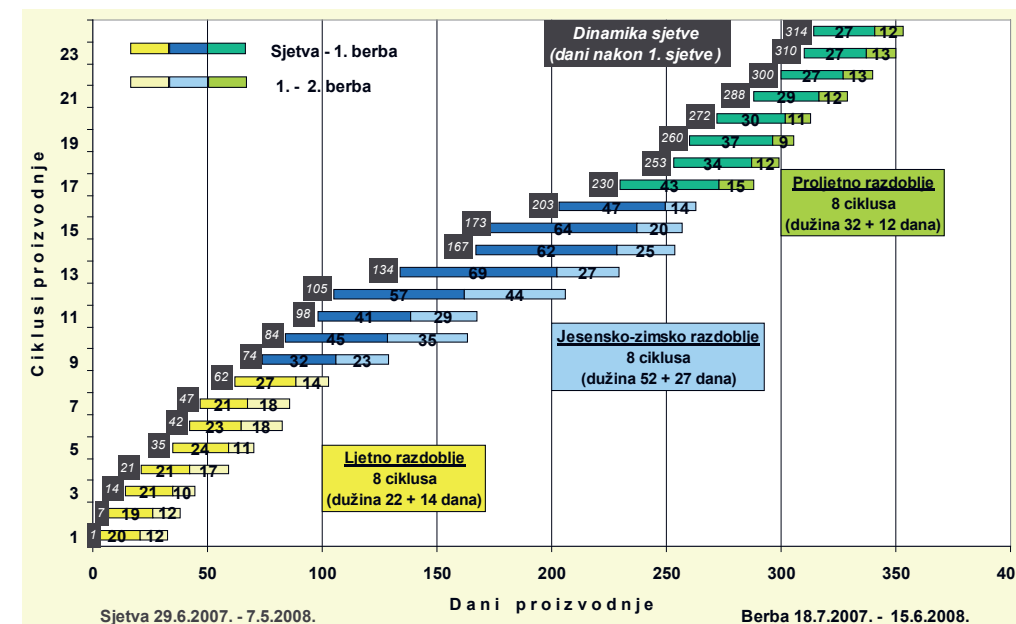
Na temperaturu hranjive otopine značajno je utjecala temperatura zraka s prosječnim

vrijednostima u ljetnom, jesensko-zimskom i proljetnom razdoblju (28,1, 14,2 i 20,9°C). Postignuta srednja temperatura u ljetnom uzgojnom razdoblju bila je viša od optimalnog raspona za vegetativni rast rige prema (Grubben i Denton, 2004; Osvald i Kogoj-Osvald, 2005; Pimpini i Enzo, 1997). U svih 8 proizvodnih ciklusa proljetnog razdoblja uzgoja srednja temperatura zraka bila je u optimalnom rasponu, dok je u jesensko-zimskom u čak šest proizvodnih ciklusa bila niža od donje granične vrijednosti optimalnog raspona. Najveća varijabilnost minimalne temperature zraka zapažena je u proljetnom, manja u jesensko-zimskom i najmanja u ljetnom uzgojnom razdoblju (cv: 30,59, 19,80 i 9,66%). Također, najmanja varijabilnost maksimalne temperature zraka zabilježena je u ljetnom razdoblju uzgoja (cv 11,06%), dok je u proljetnom bila veća (cv 17,28%), a u jesensko-zimskom najveća (cv 26,00%). Srednja relativna vlaga zraka, kao rezultat minimalne i maksimalne (podaci nisu prikazani), bila je viša u jesensko-zimskom uzgojnom razdoblju (73,5%) u odnosu na ljetno i proljetno razdoblje (53,6 i 57,5%). Ovo je važan abiotski pokazatelj zbog značajnog učinka na intenzitet transpiracije i posljedično na usvajanje hranjive otopine (Gislerød i Mortensen, 1990).

Značajan utjecaj glavnih abiotskih čimbenika na dužinu proizvodnog ciklusa rige, izraženu brojem dana od sjetve do prve, odnosno, druge berbe, prema uzgojnom razdoblju prikazan je u grafikonu 2.

U ljetnom uzgojnom razdoblju proizvodni su ciklusi bili najkraći, od sjetve do prve berbe prosječno 22 dana te od prve do druge berbe 14 dana, odnosno, ukupno 36 dana. Najbrži rast rige u ljetnom razdoblju posljedica je pretežito optimalnih uzgojnih uvjeta: temperatura zraka 28,1°C, temperatura hranjive otopine 25,3°C, količina otopljenog kisika 5,0 mg L<sup>-1</sup>, relativna vlaga zraka 53,6%, pH 5,8 i EC 3,0 dS m<sup>-1</sup>. Brzom rastu rige usprkos višoj temperaturi zraka od optimalne, pogodovale su optimalna temperatura hranjive otopine i niža relativna vlaga zraka koje su pridonijele efikasnijoj regulaciji temperature biljke. Naime, Thompson i sur. (1998) navode da je hidroponski uzgoj salate moguć i u uvjetima povišene dnevne temperature zraka (>31°C), ali pod uvjetom optimiziranja temperature u području korijena, odnosno, hranjive otopine na 24°C. Naime, najveću količinu suhe tvari salata proizvodi pri 24/24°C (zrak/hranjiva otopina), a temperatura hranjive otopine od 24°C zadržava prihvatljivu kvalitetu salate čak pri temperaturi zraka izvan poželjnog raspona, posebice pri višoj temperaturi. Rezultati s rigom u ljetnom razdoblju uzgoja dosljedni su s navedenim kao i zapažanjima (Fabek i sur., 2011.) na matovilcu.

U proljetnom razdoblju uzgoja pod utjecajem promatranih abiotskih čimbenika (temperatura zraka 20,9°C, temperatura hranjive otopine 17,5°C, količina otopljenog kisika 5,9 mg L<sup>-1</sup>, relativna vlaga zraka 57,5%, pH 6,2 i EC 3,1 3,0 dS m<sup>-1</sup>) proizvodni je ciklus trajao 44 dana i bio 8 dana duži u odnosu na ljetno razdoblje. Prva berba uslijedila je 32 dana nakon sjetve, a druga 14 dana kasnije. Navedeni je produžetak proizvodnog ciklusa posljedica najnižih optimalnih vrijednosti temperature zraka i hranjive otopine.



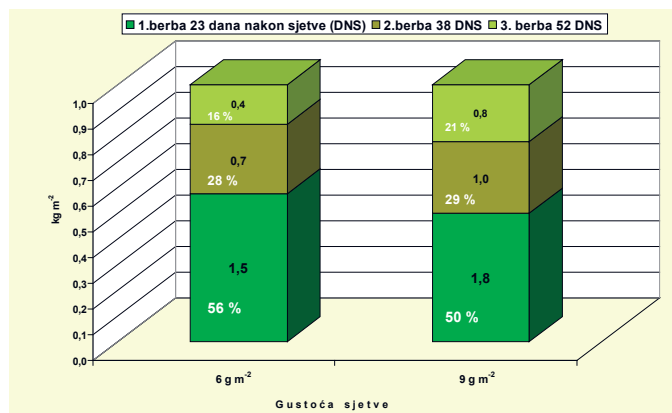
Grafikon 2. Dinamika sjetve rige i dužina proizvodnih ciklusa

Najduži proizvodni ciklusi rige bili su u jesensko-zimskom razdoblju, prosječne dužine 77 dana (52 dana od sjetve do prve berbe i 27 dana od prve do druge berbe). Stoga je proizvodni ciklus u jesensko-zimskom razdoblju bio duži u odnosu na ljetno i proljetno uzgojno razdoblje za 41 i 33 dana. Na produženje proizvodnog ciklusa u jesensko-zimskom razdoblju najviše su utjecali za rast manje povoljna relativna vlaga zraka (73,51%) te niža temperatura zraka i hranjive otopine (14,2 i 15,2°C) od optimalne prema Grubben i Denton, (2004), Osvald i Kogoj-Osvald (2005), Pimpini i Enzo, (1997), dok su pH (5,8) i EC-vrijednosti (2,9 dS m<sup>-1</sup>) bile optimalne.

Ostvarena prosječna dužina proizvodnih ciklusa od sjetve do prve berbe rige pojednaka je vrijednostima za ljetno, jesensko-zimsko i proljetno razdoblje (26, 51 i 33 dana) koje navode D'Anna i sur. (2003), Nicola i sur. (2007), Pimpini i Enzo (1997) te Castoldi i sur. (2011).

U ljetnom uzgojnom razdoblju u 8 proizvodnih ciklusa testirana je mogućnost berbe rige u tri navrata, obzirom da Pimpini i Enzo (1997) ističu da riga u ljetnom razdoblju stimulirana dugim danom i višom temperaturom, nakon druge, odnosno, treće berbe brzo producira grozdaste cvatove. Bez obzira na utrošenu količinu sjemena, prva, druga i treća berba obavljene su prosječno 22, 36 i 52 dana nakon sjetve. Navedeno je u skladu s navodima Pimpini i Enzo (1997) da prva berba listova rige započinje 20 do 60 dana nakon sjetve, a sljedeće berbe u razmaku 10 do 20 dana, ovisno o uzgojnim uvjetima.

U grafikonu 3. prikazan je značajan utjecaj broja berbi na prinos rige jer je pri obje gustoće sjetve (6 i 9g<sup>m</sup><sup>-2</sup>) u prvoj berbi ostvaren najveći udio ukupnog prinosa (56 i 50%). Manji udio prinosa, ali podjednak pri obje gustoće sjetve ostvaren je u drugoj berbi (28 i 29%), a najmanji pri trećoj berbi (16 i 21%). Međutim, Pimpini i Enzo (1997) u tri uzgojna razdoblja uključujući i ljetno nisu zabilježili značajne razlike u prinosu između prve i druge berbe rige, odnosno, udio obje berbe u ukupnom prinosu bio je oko 50%.



Grafikon 3. Utjecaj gustoće sjetve i trokratne berbe na prinos rige, ljetno 2007.

Također, na prinos rige značajno je utjecala gustoća sjetve, obzirom da je veća gustoća sjetve u sve tri berbe rezultirala većim prinosom za 17, 30 i 50% u odnosu na manju gustoću sjemena. Tako je ukupan prinos ostvaren u tri berbe svakog ciklusa, pri većoj gustoći sjetve (3,6kgm<sup>-2</sup>) bio za 28% veći nego pri manjoj gustoći sjetve (2,6 kgm<sup>-2</sup>). Kod obje gustoće sjetve ostvareni prinos rige pri trećoj berbi bio je manji u odnosu na prvu berbu za 1,1, odnosno, 1kg m<sup>-2</sup>. Slijedom navedenog, manja je gustoća rezultirala čak četiri puta manjim prinosom pri trećoj berbi (0,4 kgm<sup>-2</sup>) u odnosu na prvu berbu (1, kgm<sup>-2</sup>), dok je veća gustoća s ostvarenih 0,8 kg m<sup>-2</sup> u trećoj berbi realizirala 2 puta manji prinos nego u prvoj berbi (1,8kgm<sup>-2</sup>). Temeljem ovih rezultata, u nastavku istraživanja tijekom jesensko-zimskog i proljetnog uzgojnog razdoblja testirani su proizvodni ciklusi s dvije berbe rige.

Rezultati prikazani u tablici 1. ukazuju na značajan utjecaj gustoće sjetve na prosječan ukupan prinos rige u svim istraživanjima razdobljima uzgoja. Bez obzira na gustoću sjetve, najveći prinos rige (3,31kgm<sup>-2</sup>) ostvaren je u proljetnom razdoblju uzgoja i bio je za 22 i 35% veći nego u ljetnom i jesensko-zimskom razdoblju (2,60 i 2,14kgm<sup>-2</sup>). U dvije berbe pri uzgoju u zaštićenom prostoru na tlu, Pimpini i Enzo (1997) navode manji prinos (1,80 do 2,30 kg m<sup>-2</sup>). Dok je u plutajućem hidroponu prinos rige ostvaren tijekom proljetnog razdoblja (1,94 kg m<sup>-2</sup>) bio opravdano manji zbog jednokratne berbe (Castoldi i sur., 2011). U odnosu na proljetno, prosječan prinos ljetnog razdoblja bio je manji za 0,71kgm<sup>-2</sup>, a postignut je u osam dana kraćem proizvodnom ciklusu. U usporedbi s rezultatima Alberici i sur. (2008) te Castoldi i sur. (2011) za ljetni uzgoj i jednokratnu berbu rige u plutajućem hidroponu (1,5 i 1,4kgm<sup>-2</sup>), prosječan prinos ovog istraživanja ističe se većom vrijednošću (2,6kgm<sup>-2</sup>).



Slika 2. Višekratna berba rige (foto: S. Fabek)

U jesensko-zimskom razdoblju Pimpini i Enzo (1997) u dvokratnoj berbi rige na tlu, kao i Alberici i sur. (2008) te Castoldi i sur. (2001) u jednokratnoj berbi u plutajućem hidroponu postigli su podjednak prinos (1,2, odnosno 1,3 i 1,3kgm<sup>-2</sup>), što je manje od rezultata ovog istraživanja (2,1kgm<sup>-2</sup>) zabilježenog u dvokratnoj berbi u plutajućem hidroponu.

Tablica 1. Utjecaj gustoće sjetve na prinos rige ostvaren u dvije glavne berbe

Gustoća sjetve	Prinos rige (kg m <sup>-2</sup> )									
	Ciklusi									
	1	2	3	4	5	6	7	8	Prosjeck	
	Ljeto									
6 g m <sup>-2</sup>	2,358	2,342	2,017	2,471	1,806	2,234	2,014	2,771	2,252	
9 g m <sup>-2</sup>	<b>3,388***</b>	<b>3,450***</b>	<b>3,762***</b>	<b>3,245***</b>	<b>2,054***</b>	<b>2,635***</b>	<b>2,287***</b>	<b>2,863***</b>	2,961	
Prosjeck	2,873	2,896	2,890	2,858	1,930	2,435	2,151	2,817	2,606	
	Jesen - zima									
	9	10	11	12	13	14	15	16	Prosjeck	
6 g m <sup>-2</sup>	2,300	2,111	1,759	2,135	<b>1,780***</b>	<b>2,353***</b>	<b>2,129***</b>	<b>3,079*</b>	2,228	
9 g m <sup>-2</sup>	<b>2,383*</b>	<b>2,178*</b>	1,785	<b>2,347*</b>	1,396	1,540	1,786	3,021	2,055	
Prosjeck	2,342	2,145	1,772	2,331	1,588	1,947	1,958	3,050	2,141	
	Proljeće									
	17	18	19	20	21	22	23	24	Prosjeck	
6 g m <sup>-2</sup>	<b>3,026*</b>	<b>3,267*</b>	<b>3,989*</b>	<b>3,379**</b>	<b>3,220***</b>	3,301	3,076	3,287	3,360	
9 g m <sup>-2</sup>	2,939	3,218	3,520	3,145	2,851	<b>3,794***</b>	<b>3,428**</b>	<b>3,608*</b>	3,366	
Prosjeck	2,983	3,243	3,755	3,262	3,036	3,548	3,252	3,448	3,316	

Razine statističke značajnosti prema F-testu: \* P≤0,1, \*\* P≤0,01, \*\*\* P≤0,001

U ljetnom razdoblju ostvaren je relativno veći prinos rige pri gušćoj sjetvi (2,96kgm<sup>-2</sup>), dok je u jesensko-zimskom razdoblju veći prinos zabilježen pri rijeđem sklopu (2,22kgm<sup>-2</sup>). U proljetnom razdoblju obje gustoće sjetve rezultirale su jednakim prosječnim ukupnim prinosom. Statistički, u svih 8 proizvodnih ciklusa ljetnog razdoblja, pri većoj gustoći sjetve postignut je opravdano veći ukupni prinos rige, u rasponu od 2,05 do 3,76kgm<sup>-2</sup>. Prema Žnidarčič i Kacjan-Maršić (2008) u većem sklopu, biljke produciraju manje listova uslijed povećane kompeticije. Razvidan je trend smanjenja prinosa od početka prema kraju ljeta, a nastavljen je tijekom jesensko-zimskog razdoblja. Tako je u prva četiri proizvodna ciklusa veća gustoća sjetve rezultirala statistički većim prinosom rige, u rasponu od 1,78 do 2,38kgm<sup>-2</sup>. Međutim, u četiri proizvodna ciklusa pretežito vezana za zimske

mjeseci, značajno veći prinos realiziran je pri manjoj gustoći sjetve, a taj se trend nastavio i u prvim proizvodnim ciklusima proljetnog razdoblja. Iako uglavnom daje manji prinos, prednost manje gustoće biljaka ogleda se u smanjenom izduživanju listova i poboljšanju kvalitete (Zanin i sur., 2009).

Značajno veći prinos rige ostvaren u dvije berbe proizvodnog ciklusa, utvrđen je pri manjoj gustoći sjetve ( $6\text{ gm}^{-2}$ ) tijekom zimskog i rano-proljetnog razdoblja, a tijekom ljetnog, rano-jesenskog i kasno-proljetnog razdoblja pri većoj gustoći sjetve ( $9\text{ gm}^{-2}$ ).

### Zaključci

Cjelogodišnja proizvodnja rige moguća je u plutajućem hidroponu u zaštićenom prostoru s interventim grijanjem, iako temperaturni uvjeti nisu uvijek bili u optimalnom rasponu za vegetativni rast. Abiotski čimbenici tijekom ljetnog, jesensko-zimskog i proljetnog uzgojnog roka značajno su utjecali na dužinu proizvodnih ciklusa s profitabilnom dvokratnom berbom pa je od sjetve do druge berbe prosječno bilo potrebno 36, 77 i 44 dana.

U ljetnom uzgojnom razdoblju temperatura zraka ( $28,1^{\circ}\text{C}$ ) bila je iznad optimalne dok je temperatura hranjive otopine ( $25,1^{\circ}\text{C}$ ) bila podjednaka optimalnoj pa je riga ostvarila najbrži vegetativni rast sa zadovoljavajućim tržišnim prinosom. Sporiji vegetativni rast zapažen je u proljetnom razdoblju s nižom, granično optimalnom, temperaturom zraka i hranjive otopine  $20,9$  i  $17,5^{\circ}\text{C}$ . Najsporiji vegetativni rast ustanovljen je u jesensko-zimskom razdoblju pri suboptimalnoj temperaturi zraka i hranjive otopine  $14,2$  i  $15,2^{\circ}\text{C}$ .

Bez obzira na gustoću sjetve, najveći prinos rige ( $3,31\text{ kg m}^{-2}$ ) ostvaren je tijekom proljetnog razdoblja uzgoja i bio je 22 i 35% veći u odnosu na ljetno i jesensko-zimsko razdoblje ( $2,60$  i  $2,14\text{ kg m}^{-2}$ ).

Značajno veći prinos rige ostvaren u dvije berbe proizvodnog ciklusa, utvrđen je pri manjoj gustoći sjetve ( $6\text{ g m}^{-2}$ ) tijekom zimskog i rano-proljetnog razdoblja, a tijekom ljetnog, rano-jesenskog i kasno-proljetnog razdoblja pri većoj gustoći sjetve ( $9\text{ g m}^{-2}$ ).

### Literatura

- Alberici A., Quattrini E., Penati M., Martinetti L., Gallina M.P., Ferrante A.** (2008): Effect of the Reduction of Nutrient Solution Concentration on Leafy Vegetables Quality Grown in Floating System. *Acta Horticulturae* 801: 1167-1176.
- Castoldi N., Bechini L., Ferrante A.** (2011): Fossil energy usage for the production of baby leaves. *Energy* 36: 86-93.
- Chun C., Takakura, T.** (1994): Rate of root respiration of lettuce under various dissolved oxygen concentration in hydroponics. *Environment Control in Biology* 32(2):125-135.
- D Anna F., Miceli A., Wetrano F.** (2003): First results of floating system cultivation of *Eruca sativa* L. *Acta Horticulturae* 609: 361-364.
- Fabek Sanja, Toth Nina, Benko B., Borošić J., Žutić Ivanka, Novak B.** (2011): Lamb's lettuce growing cycle and yield

scientific study

### The effect of abiotic factors, sowing density and multiple harvest to arugula yield in floating hydroponic

#### Summary

The research valued the effect of sowing density ( $6$  i  $9\text{ g m}^{-2}$ ) and multiple harvest (two and three occasions) to arugula yield of "Coltivata" variety in a floating hydroponic. The effect of abiotic factors was also monitored in a year-long cultivation in a protected space during three periods of cultivation (summer, autumn – winter and spring). During 339 days of research there were conducted 24 experiments, set by the method of randomized block design in four replicates. The observed abiotic factors (temperature, content of dissolved oxygen, pH- and EC- value) of nutrient solution were in the range:  $12.4$  to  $26.1^{\circ}\text{C}$ ,  $3.6$  to  $8.1\text{ mg L}^{-1}$ ,  $5.4$  to  $6.6$  and  $2.7$  to  $3.3\text{ dS m}^{-1}$ . The lowest and highest temperature of the air were in the range from  $5.3$  to  $18.0^{\circ}\text{C}$  and  $16.4$  to  $45.1^{\circ}\text{C}$ , and relative air humidity  $48.1$  to  $78.9\%$ . The shortest production cycle (36 days from sowing to the second harvest) was in the summer period of cultivation with average values of abiotic factors: air temperature and nutrient solution  $28.1$  and  $25.3^{\circ}\text{C}$ , relative air humidity  $53.6\%$  and content of dissolved oxygen  $5.0\text{ mg L}^{-1}$ . The longest production cycle (77 days) was in the autumn – winter period of cultivation with the lowest air temperature and nutrient solution ( $14.2$  and  $15.2^{\circ}\text{C}$ ), the highest relative air humidity ( $73.5\%$ ) and content of dissolved oxygen ( $6.9\text{ mg L}^{-1}$ ). Higher sowing density in the 1st, 2nd and 3rd harvest resulted in 17, 30 and 50% higher yield in comparison to lower sowing density. Regardless of sowing density, the highest share in total yield (53%) was achieved in the 1st harvest, lower (29%) in the 2nd and the lowest (18%) in the 3rd one.

**Keywords:** *Eruca sativa* Mill., hydroponic cultivation, system of floating panels, cultivation period, production cycle length

as affected by abiotic factors. *Acta Horticulturae* 893: 887-894.

**Gislerød H.R., Mortensen L.M.** (1990): Relative Humidity and Nutrient Concentration Affect Nutrient Uptake and Growth of *Begonia*  $\times$  *hiemalis*. *HortScience* 25(5): 524-526.

**Gonnella Maria, Serio F.** (2003): Yield and quality of lettuce grown in floating system using different sowing density and plant spatial arrangements. *Acta Horticulturae* 614: 687-692.

**Gonnella Maria, Serio F., Conversa G., Santamaria P.** (2004): Production and nitrate content in lamb's lettuce grown in floating system. *Acta Horticulturae* 644: 61-68.

**Goto E., Both A.J., Albright L.D., Langhans R.W., Leed A.R.** (1996): Effect of dissolved oxygen concentration on lettuce growth in floating hydroponics. *Acta Horticulturae* 440: 205-210.

**Grubben G.J.H., Denton O.A., ur.** (2004): Plant Resources of Tropical Africa 2. Vegetables. PROTA Foundation, Wageningen, Netherlands. Backhuys Publishers, Leiden, Netherlands: 295-297.

**Lešić Ružica, Borošić J., Buturac I., Čustić Mirjana, Poljak M., Romić D.** (2004): Povrčarstvo. Zrinski, Čakovec.

**Morgan L.** 2009. Nutrient temperature – oxygen and Pythium in hydroponics. [http://www.simplyhydro.com/nutrient\\_temp.htm](http://www.simplyhydro.com/nutrient_temp.htm)

**Nicola Silvana, Hoeberechts Jeanet, Fontana Emanuela** (2005): Comparison Between Traditional and Soilless Culture Systems to Produce Rocket (*Eruca Sativa*) with Low Nitrate Content. *Acta Horticulturae* 697: 549-553.

**Nicola Silvana, Hoeberechts Jeanet, Fontana Emanuela** (2007): Ebb-and-Flow and Floating Systems to Grow Leafy Vegetables: a Review for Rocket, Corn Salad, Garden Cress and Purslane. *Acta Horticulturae* 747: 585-592.

**Osvald J., Kogoj-Osvald Marija** (2005): Hidroponsko gojenje vrtnin. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za agronomijo, Ljubljana, Slovenija.

**Pimpini F., Enzo M.** (1997): Present status and prospects for rocket cultivation in the Veneto region. str. 51-66 u Rocket: a Mediterranean crop for the world (Padulosi S. i Pignone D., ur.). International Plant Genetic Resources Institute, Rim, Italija.

**Pimpini, F., Giannini, M., Lazzarin, R.** (2005): Ortaggi da foglia da taglio. Veneto Agricoltura, Padova.

**Rico D., Martin-Diana A.B., Barat J.M., Barry-Ryan C.** (2007): Extending and measuring the quality of fresh-cut fruit and vegetables: a review. Trends in food science and technology 18(7): 373-386.

**Thompson H.C., Lanhans R.W., Both A.J., Albright L.D.** (1998): Shoot and root temperature effects on lettuce growth in a floating hydroponic system. Journal of the American Society for Horticultural Science 123(3): 361-364.

**Toth Nina, Borošić J., Fabek Sanja, Benko B., Novak B.** (2008): Leafy vegetables grown in floating system. Book of abstracts of 43<sup>rd</sup> Croatian and 3<sup>rd</sup> International Symposium on Agriculture: 132.

**Wijnands J.** (2003): The international competitiveness of fresh tomatoes, peppers and cucumbers. Acta Horticulturae 611: 79-90.

**Zanin, G., Ponchia, G., Sambo, P.** (2009): Yield and quality of vegetables grown in a floating system for ready-to-eat produce. Acta Hort. 807:433-438.

**Žnidarčič D., Kacjan-Maršič Nina** (2008): Corn salad (*Valerianella olitoria* L.) yield response to cell size of plug trays. Acta agric. Slov., 91(1): 59-66.

# SJEME d.o.o. Split

Lokacija: **SPLIT,**  
na Rotoru, uz 'Mercator'



# NOVO OTVORENA

## UPRAVNA ZGRADA S AGRO-CENTROM

### SVI STE POZVANI



# RASADNIK PRUD

*kvaliteta i pouzrenje*

Put Narone b.b. METKOVIĆ • Tel/fax: 020/690-633; 690-631, 690-632  
[www.rasadnik-prud.hr](http://www.rasadnik-prud.hr)



Popust za  
gotovinsko plaćanje  
**10%**  
za sve članove kluba "Maslina"

**Voćne sadnice:** Jabuka · Marelica · Dunja · Kaki · Višnja · Šljiva · Bajam · Nektarina · Maraska · Breskva · Trešnja · Kruška  
**Mediterransko voće:** Smokva · Šipak · Kiwi  
**Agrumi:** Naranča · Limun · Mandarina · Ukrasni agrumi · Grejpruit

**Lozni cijepovi**  
*vinske sorte - bijele:* Debit · Pošip · Maraština · *crne:* Plavac mali · Plavina · Merlot · Babić · Lasina · Cabernet · Vranac  
*stolne sorte - bijele:* Kraljica vinograda · Afusali · Victoria · Muškati Italija · *crne:* Kardinal · Muškati Hamburg · Black Magic

**Masline**  
*sorte za ulje:* Oblica · Lastovska · Istarska bijelica · Levantinka · Drobnica · Leccino · Frantoio · Coratina · Cipressino · Pendolino · Moraiolo · Itrana  
*stolne sorte:* Oblica · Ascolana tenera · Grossa di spagna · Itrana · Picholine