

Distribucija ugljičnog dioksida u hidroponskom uzgoju rajčice

Boško LJUBENKOV¹, Božidar BENKO¹, Josip BOROŠIĆ¹, Nina TOTH¹, Branko ĐURINIĆ²

¹Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Hrvatska
(e-mail: bbenko@agr.hr)

²Gis impro d.o.o. Eugena De Piennes 7, 10340 Vrbovec, Hrvatska

Sažetak

Obogaćivanjem atmosfere zaštićenog prostora i kvalitetnom distribucijom ugljičnog dioksida postiže se kvalitetniji i ravnomjerniji rast i razvoj biljaka. Mjerenja koncentracije ugljičnog dioksida obavljena su ručnim mjeračem GM70 sa CARBOCAP sondom. Dva sata nakon izlaska sunca primijećen je pad koncentracije ugljičnog dioksida ispod ambijentalne (340 ppm). Upotreba ventilokonvektora je značajno utjecala na ujednačenost vertikalne distribucije, dok se horizontalna neujednačenost koncentracije ugljičnog dioksida smanjila udaljavanjem od glavnih cijevi prema sredini zaštićenog prostora. Iz tog razloga je od ključne važnosti u budućnosti sagledati tehničku izvedbu sustava i moguća poboljšanja.

Ključne riječi: zaštićeni prostor, atmosfera, koncentracija CO₂, horizontalna distribucija, vertikalna distribucija

Carbon dioxide distribution in the soilless culture of tomatoes

Abstract

Enrichment of the greenhouse atmosphere and the quality of carbon dioxide distribution can promote better and more balanced plants growth and development. Measuring the carbon dioxide concentration was carried out manually with a GM70 meter with CARBOCAP probe. Two hours after sunrise there is a marked decline in atmospheric carbon dioxide under ambient value (340 ppm). Using the fan had a major impact on the vertical distribution uniformity, while the horizontal disparity of carbon dioxide concentration was lower by increasing of distance from the main pipe. For this reason it is of crucial importance in the future to look at the technical performance of the system and possible improvements.

Key words: greenhouse, atmosphere, CO₂ concentration, horizontal distribution, vertical distribution

Uvod

Prilikom obogaćivanja atmosfere zaštićenog prostora ugljičnim dioksidom jednaku važnost imaju i koncentracija i distribucija. Unos ugljičnog dioksida u zaštićeni prostor ne znači da će biti ravnomjerno raspoređen. Ravnomjernom distribucijom postiže se ujednačenost rasta i razvoja biljaka te smanjuju gubici plina. Iako je od samog početka primjene obogaćivanja zaštićenog prostora ugljičnim dioksidom prepoznat problem distribucije, on je teško kontroliran zbog nemogućnosti jednostavnog mjerenja i praćenja promjena. Danas postoje pouzdani i pristupačni ručni uređaji za mjerenje koncentracije CO₂ koji koriste modernu tehnologiju i kompatibilni su s računalima, što proizvođačima i istraživačima omogućava lakše praćenje stanja ugljičnog dioksida u zaštićenom prostoru i korištenje dobivenih podataka za unaprijeđenje

proizvodnje. Cilj istraživanja bio je utvrditi horizontalnu i vertikalnu distribuciju ugljičnog dioksida u zaštićenom prostoru s hidropskim uzgojem rajčice, u svrhu prepoznavanja potencijalnih problema i utvrđivanja ispravnosti korištenog sustava za distribuciju ugljičnog dioksida.

Materijal i metode

Mjerenja su provedena u plasteniku tvrtke Gavrilović poljoprivreda u Petrinji. U plasteniku se hidropskom tehnikom uzgaja rajčica na kamenoj vuni. Zaštićeni prostor površine 1 ha podijeljen je na četiri dijela: tehničko-tehnološki prostor površine 500 m², prostor za uzgoj presadnica površine 500 m² i dva proizvodna prostora površine 4000 i 5000 m². Koncentracija CO₂ je na 9 odabranih točaka (T1-T9), raspoređenih u proizvodnom prostoru površine 4000 m², mjerena tri puta dnevno: prije puštanja CO₂ (I), sat vremena nakon puštanja CO₂ (II) i tri sata nakon puštanja CO₂ (III). Utvrđena je koncentracija na visinama 0,5, 1, 1,5 i 2 metra. Dnevna mjerenja provedena su 15., 19. i 21. travnja 2010. godine.

Sustav za distribuciju ugljičnog dioksida sastojao se od dvije glavne cijevi položene uz rub zaštićenog prostora te lateralnih cijevi položenih na pod zaštićenog prostora, između dvorednih traka biljaka rajčice. U svakoj od četiri lađe obuhvaćene mjerenjem, položene su po tri lateralne cijevi. Izvor ugljičnog dioksida za obogaćivanje atmosfere zaštićenog prostora je 12 metalnih boca visine 142 cm i težine 37,5 kg, koje sveukupno sadrže 450 kg CO₂.

Mjerenja su provedena ručnim mjeracem GM70 tvrtke Vaisala s priključenom sondom marke CARBOCAP iste tvrtke, koja se koristi za mjerenje koncentracije ugljičnog dioksida na određenim točkama. CARBOCAP sonda je silicijski baziran, neraspršujući infracrveni senzor za mjerenje koncentracije ugljičnog dioksida, a funkcionira tako da infracrveni izvor na kraju mjerne komore emitira svjetlo u plinsku komoru gdje i najmanja koncentracija ugljičnog dioksida apsorbira karakterističnu valnu dužinu svjetla. Filter za prigušenje smetnji, FPI (Fabry-Perot Interferometar) električno je podešen tako da se njegov propusni pojas podudara s apsorpcijskom valnom dužinom ugljičnog dioksida, što omogućuje referentni signal. Infracrveni detektor mjeri snagu signala koji je prošao kroz filter. Odnos ovih dvaju signala, jedan na apsorbiranu valnu dužinu i drugi na referentnu valnu dužinu, pokazuju stupanj apsorpcije svjetlosti u plinu, a time i koncentraciju ugljičnog dioksida.

Rezultati i rasprava

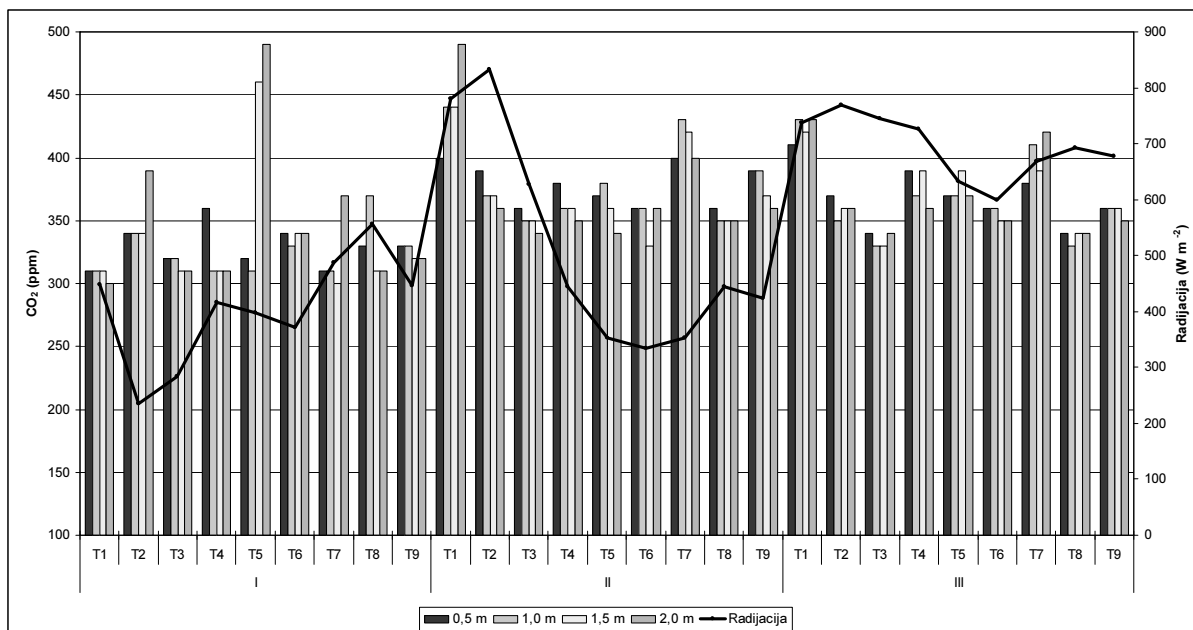
Iz grafikona 1 vidljivo je kako su tijekom prvog dnevnog mjerenja (I) 15. travnja, provedenog dva sata nakon izlaska sunca, zabilježene koncentracije ugljičnog dioksida niže od ambijentalne (340 ppm). Taj rezultat ukazuje na potrošnju ugljičnog dioksida i početak procesa fotosinteze. Drugo je mjerenje (II) provedeno sat vremena nakon puštanja ugljičnog dioksida u prostor. Vidljiva je razlika između točaka T1 i T7 u odnosu na ostale točke. Te se točke nalaze u blizini glavnih dovodnih cijevi. Na tim je točkama zabilježena i najveća koncentracija ugljičnog dioksida (T1 na 2 m: 490 ppm, T7 na 1 m: 430 ppm), dok je najmanja bila izmjerena na T6 i visini od 1,5 m te je iznosila 330 ppm, dakle jedina ispod ambijentalne. Usprkos povećanoj radijaciji, koncentracija je ugljičnog dioksida prilikom trećeg mjerenja (III) ostala na razini one iz drugog mjerenja. Također je zamjetno da je prilikom prva dva mjerena postojala razlika u koncentracijama ugljičnog dioksida na različitim visinama, čemu je razlog činjenica da ventilokonvektori nisu bili uključeni.

Hanan (1998) navodi kako niska koncentracija ugljičnog dioksida ispod 340 ppm tijekom dana u veljači traje oko 0,5 sati i raste do 10 sati dnevno u srpnju. Iako se intenzitet fotosinteze znatno poveća ubrzo nakon obogaćivanja prostora CO₂, dugotrajno obogaćivanje može imati i negativne posljedice, odnosno, dovesti do smanjenja intenziteta fotosinteze zbog biokemijskih i molekularnih promjena fotosintetskog aparata pri visokim koncentracijama ugljičnog dioksida (Heuvelink i Dorais, 2005).

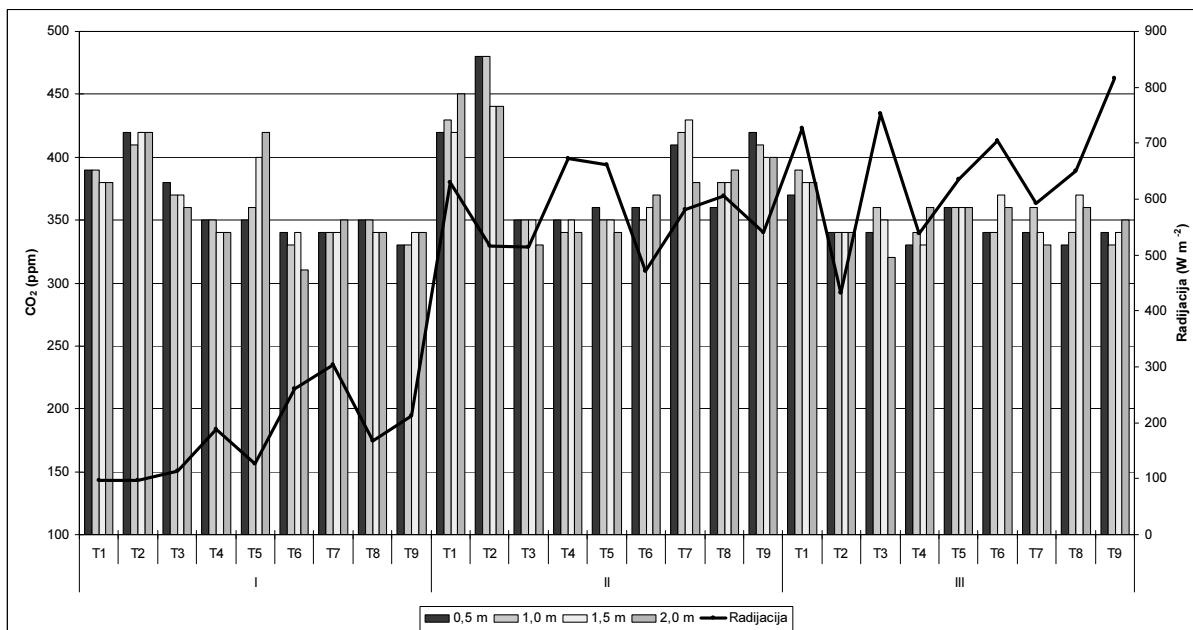
Prilikom prvog mjerenja 19. travnja (graf. 2) izmjerene su veće koncentracije ugljičnog dioksida u odnosu na 15. travnja. Razlog tome je obogaćivanje prostora ugljičnim dioksidom tijekom procesa respiracije i provedba mjerenja 40 min nakon izlaska sunca, pri niskom intenzitetu fotosinteze. Povećanjem radijacije došlo je do zamjetnog pada koncentracije ugljičnog dioksida. Isto je primijetio i Kimball (1986) te je ustvrdio da se i pri slabijoj radijaciji primjećuju devijacije u koncentraciji ugljičnog dioksida prilikom promjena tih koncentracija. Prema nekim autorima ujutro su moguće i koncentracije od 1000 ppm kao rezultat respiracije, ali i evaporacije pri uzgoju na tlu i gnojidbi organskim gnojivima. Najveće vrijednosti ugljičnog dioksida prilikom prvog mjerenja bile su 420 ppm. Prilikom drugog mjerenja ponovno je zamijećeno značajno odstupanje

koncentracija točaka T1 i T7 kao i u mjeranju 15. travnja. Na mnoga odstupanja utjecali su i oblačni uvjeti vani, zbog koje su vidljive varijacije u radijaciji. Tako su tijekom drugog dnevnog mjerenja zabilježene koncentracije ugljičnog dioksida od 330 do 480 ppm, kao i količina radijacije od 471 do 673 W m⁻².

Slične su vrijednosti zabilježili Sanchez-Guerrero et al. (2001), koji su zaključili da se srednje dnevne koncentracije ugljičnog dioksida variraju između 400 i 450 ppm. Isti su se uvjeti nastavili i prilikom trećeg dnevnog mjerenja, što je rezultiralo smanjenjem koncentracije ugljičnog dioksida i neujednačenošću u vertikalnoj distribuciji.

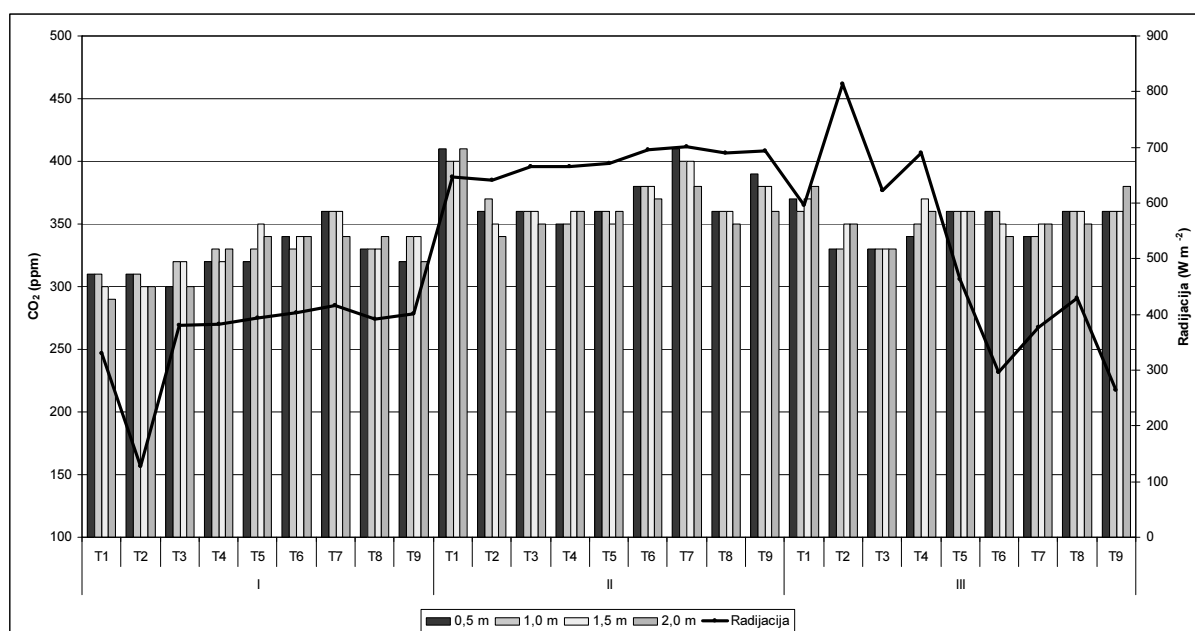


Grafikon 1. Koncentracija CO₂ i radijacija tijekom dnevnih mjerenja 15. travnja



Grafikon 2. Koncentracija CO₂ i radijacija tijekom dnevnih mjerenja 19. travnja

Tijekom prva dva mjerenja 21. travnja (grafikon 3) vrijednosti radijacije bile su ujednačene, što je za posljedicu imalo prilično ujednačene koncentracije ugljičnog dioksida. Prilikom prvog dnevnog mjerenja sve su vrijednosti radijacije bile između 330 i 416 W m^{-2} , izuzev vrijednosti radijacije za vrijeme mjerenja točke T2 (128 W m^{-2}), a koncentracija ugljičnog dioksida bila je u rasponu između 290 i 360 ppm. Za vrijeme drugog dnevnog mjerenja vrijednosti radijacije bile su između 641 i 702 W m^{-2} , a ugljični dioksid između 340 i 410 ppm. Ta ujednačenost ukazuje na povezanost količine radijacije i koncentracije ugljičnog dioksida. Heuvelink i Dorais (2005) navode porast intenziteta fotosinteze za 24 % pri porastu koncentracije CO_2 s 350 na 700 ppm kod 500 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ fotosintetski aktivne radijacije, odnosno, za 32 % kod 1500 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Pri porastu koncentracije CO_2 na 1000 ppm intenzitet fotosinteze je porastao za 33, odnosno, 43 %. Ubrzani rast uzrokovan povećanim intenzitetom fotosinteze pri obogaćivanju zaštićenog prostora ugljičnim dioksidom može rezultirati pojavom simptoma nedostatka hranjiva. To je moguće spriječiti primjenom hranjive otopine povećanog elektrokonduktiviteta jer su biljke uzgajane uz obogaćivanje prostora CO_2 otpornije na stres soli (Papadopoulos i Hao, 2002). Nederhoff (1996) navodi da je porast koncentracije CO_2 na 500 ppm tijekom 4 mjeseca rezultirao porastom prinosa za 16 % ili za 250 g m^{-2} za svakih 10 ppm CO_2 iznad ambijentalne vrijednosti.



Grafikon 3. Koncentracija CO_2 i radijacija tijekom dnevnih mjerenja 21. travnja

Usporedbom prvih dnevnih mjerenja primjećuju se razlike između njih. Ako se uzme u obzir da su mjerenja provedena u različitim vremenskim razmacima nakon izlaska sunca (15. travnja – 2 sata; 19. travnja – 40 min; 21. travnja – 90 min) može se zaključiti da već 90 minuta nakon izlaska sunca koncentracija ugljičnog dioksida pada ispod ambijentalne i da je potreban raniji početak obogaćivanja zaštićenog prostora ugljičnim dioksidom. Kläring et al. (2007) zaključuju da je noćna koncentracija ugljičnog dioksida do izlaska sunca veća u zaštićenim prostorima obogaćivanim s CO_2 nego u onima koji to nisu.

Tijekom drugih dnevnih mjerenja na većini točaka utvrđena je koncentracija nešto veća od ambijentalne (oko 350 ppm), dok su točke T1 i T7 imale značajno veće koncentracije ugljičnog dioksida u odnosu na ostale. Sva tri dana je pri trećem dnevnom mjerenju utvrđen pad koncentracije ugljičnog dioksida na ambijentalnu razinu. Uzrok tome je otvaranje ventilacije zaštićenog prostora zbog visokog intenziteta radijacije i porasta temperature. Hicklenton (1988) zaključuje da nije moguće održavati koncentraciju ugljičnog dioksida iznad ambijentalne kod potpuno otvorene ventilacije, dok Sanchez-Guerrero et al. (2005) navode da za vrijeme otvorene ventilacije minimalna koncentracija ugljičnog dioksida iznosi oko 300 ppm, čime ugljični dioksid postaje ograničavajući čimbenik intenziteta fotosinteze.

Značajna razlika u horizontalnoj distribuciji ugljičnog dioksida vidljiva je iz koncentracija izmjerenih na točkama T1 (najbliže glavnoj cijevi) i T6 (najdalje od glavne cijevi). Rezultati pokazuju kako udaljavanjem od glavne cijevi koncentracija ugljičnog dioksida značajno opada. Isto je primijetio van Berkel (1975), koji je zaključio da je značajno veća razlika u horizontalnoj distribuciji CO₂ kada se distribuira kroz dvije glavne cijevi uz bočne stranice, nego kod distribucije jednom glavnom cijevi kroz sredinu zaštićenog prostora. Rezultat je to smanjenja početnog tlaka porastom duljine glavnih cijevi.

Zaključci

Pri hidroponskom uzgoju rajčice u zaštićenim prostorima koncentracija ugljičnog dioksida će biti ispod ambijentalne ako prostor nije obogaćivan ugljičnim dioksidom.

Vertikalna se ujednačenost lako postiže upotrebom ventilokonvektora koji miješajući zrak zaštićenog prostora, dižu ugljični dioksid s nižih visina i ravnomjerno ga raspoređuju.

Ako se želi zadržati postojeći sustav distribucije CO₂ potrebno je osigurati jednaki tlak na početku i kraju lateralnih cijevi. Za poboljšanje horizontalne distribucije potrebno je promijeniti tehničku izvedbu sustava za distribuciju ugljičnog dioksida, na način da se postavi jedna glavna cijev iznad središnjeg puta u zaštićenom prostoru.

Literatura

- Hanan, J.J. (1998). Greenhouses: advanced technology for protected horticulture. CRC Press, Boca Raton, USA, 521-571
- Heuvelink, E., Dorais M. (2005). Crop growth and yield. U: Heuvelink, E., ur. Tomatoes. Cabi, Wallingford, UK, 85-144
- Hickleton, P.R. (1988). CO₂ enrichment in the greenhouse. Growers handbook series, Vol. 2. Timber Press, Portland, USA
- Kimball, B.A. (1986). Influence of elevated CO₂ on crop yield. Carbon dioxide enrichment of greenhouses crops. Vol. II., CRC Press, Boca Raton, USA
- Kläring, H.-P., Hauschild, C., Heißner, A., Bar-Yosef, B. (2007). Model-based control of CO₂ concentration in greenhouses at ambient levels increases cucumber yield. Agricultural and Forest Meteorology 143: 208 -216
- Nederhoff, E. (1996). CO₂ enrichment in tomatoes. Commercial Grower 51(4):22-23
- Papadopoulos, A.P., Hao, X. (2002). Interactions between nutrition and environmental conditions in hydroponics. U: Savvas, D., Passam, H., ur. Hydroponic production of vegetables and ornamentals. Embryo Publications, Athens, Greece, 413-445
- Sanchez-Guerrero M.C., Lorenzo, P., Medrano, E., Castilla, N., Soriano, T., Baille, A. (2005). Effect of variable CO₂ enrichment on greenhouse production in mild winter climates. Agricultural and Forest Meteorology 135: 244-252
- Sanchez-Guerrero M.C., Lorenzo, P., Medrano, E., Garcia, M., Escobar, I. (2001). Heating and CO₂ enrichment in improved low-cost greenhouses. Acta Hort. 559: 257-262
- van Berkel, N. (1975). CO₂ from gas-fired heating boilers – its distribution and exchange rate. Neth. J. Agric. Sci. 23: 202-210

sa2012_0404