

UDK: 628.86

*Predhodno saopštenje
Preliminary paper*

KLIMATSKI USLOVI U OBJEKTIMA ZAŠTIĆENOG PROSTORA I MOGUĆNOSTI NJIHOVE KONTROLE

Milan Đević¹, Slobodan Blažin², Aleksandra Dimitrijević¹

¹Poljoprivredni fakultet - Beograd

²Srednja poljoprivredna škola "Josif Pančić" - Pančevo

Sadržaj: Faktori uspešnosti biljne proizvodnje u zaštićenom prostoru su temperatura, svetlost, vlažnost vazduha i zemljišta i sastav i kvalitet vazduha. Najveći uticaj na biljke, a istovremeno i najveće variranje tokom ciklusa proizvodnje, ima temperatura. Zahtevi pojedinih biljaka za toplotom uslovljavaju vreme njihove setve/sadnje i tip objekta u kome je moguće njihovo gajenje. Svakako da biljke sa manjim potrebama za toplotom mogu da uspevaju u svim tipovima zaštićenog prostora, dok toploljubive zahtevaju gajenje u objektima sa dopunskim zagrevanjem. Temperatura u proizvodnom prostoru biljke određuje intenzitet porasta, kvalitet plodova, vreme ubiranja, te su njeno određivanje i kontrola od izuzetnog značaja. U zavisnosti od tipa zaštićenog prostora, temperatura može značajno varirati u različitim delovima objekta.

U radu je data analiza klimatskih uslova u objektima zaštićenog prostora i mogućnost njihovog praćenja i kontrole. Analiziran je raspored temperatura u objektima i to po dužini, širini i visini objekta. Temperature su praćene u objektu "tunel tipa" tokom proizvodnje paradajza. Utvrđene vrednosti, koje pokazuju određena variranja temperature, mogu poslužiti za kasnije projektovanje tehničkih sistema zagrevanja i njegovog postavljanja. U radu je prikazan i uticaj sastava i kvaliteta vazduha na vreme ubiranja i kvalitet plodova. Analizirani su i ostali mikroklimatski uslovi i njihov uticaj na rast i razviće biljaka.

Ključne reči: zaštićen prostor, temperatura, sastav vazduha, ugljendioksid, tehnički sistemi, kontrola.

UVOD

Praćenje klimatskih parametara u objektima zaštićenog prostora je veoma značajan faktor uspešnosti biljne proizvodnje. Ukoliko se pravilno i dovoljno brzo reaguje na promenu mikroklimatskih parametara, mogu se ostvariti značajne uštede u energiji i ljudskom radu, što rezultira većom energetsom efikasnošću i kvalitetnijem proizvodu koji se iznosi na tržište.

Da bi se pratili klimatski parametri u objektu i pravilno i brzo reagovalo na promene, moraju se, sa jedne strane poznavati fiziologija date biljne vrste i tehnologija proizvodnje, a sa druge strane karakteristike proizvodnog objekta (dimenzije, karakteristike pokrivnog materijala, orijentacija) i klimatski uslovi regiona.

Svrha kontrole klimatskih faktora je optimizacija biljne proizvodnje u objektima zaštićenog prostora. Iz tog razloga je neophodno poznavati kakav uticaj okolina ima na rast i razviće biljaka. Proizvođači se opredeljuju za različite biljne vrste od kojih su najzastupljenije proizvodnja povrća i cveća, a sada sve češće voća. Različite biljne vrste imaju različite zahteve prema uslovima uspevanja. Praćenje i kontrola najznačajnijih parametara procesa u objektima, mogu se obaviti prilično jednostavnim ali ne dovoljno preciznim uređajima, ali i vrlo sofisticiranim tehničkim i hardverskim sistemima. Praćenje procesa kod samih biljaka, transpiracije i fotosinteze, je takođe moguće zahvaljujući tehničkom sistemu fitomonitoringa. Sve ovo je u službi tehnološko-tehničkog sistema proizvodnje u "potpuno kontrolisanim uslovima".

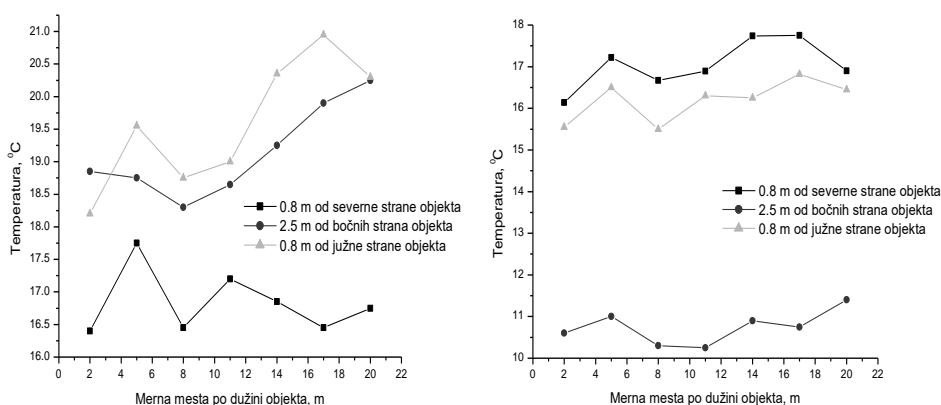
MATERIJAL I METOD

Klimatski parametri su praćeni i analizirani tokom proizvodnje paradajza u objektu tunel tipa pokrivenom dvostrukom folijom istok-zapad orijentacije. Dimenzije objekta su 5x20 m a visina 2,75 m. Unutrašnja folija je S2BC, debljine 80 μm , a spoljašnja S3N UV AD 180 μm . Klimatski parametri su praćeni tokom ciklusa proizvodnje paradajza u proleće 2004. godine. Temperatura je merena digitalnim termometrima po dužini objekta na svaka 3 m, po visini objekta na 50 cm i 130 cm i po širini objekta na 2,5 m i 80 cm od bočnih strana. Relativna vlažnost je merena po visini objekta na svakih 25 cm, do visine od 150 cm.

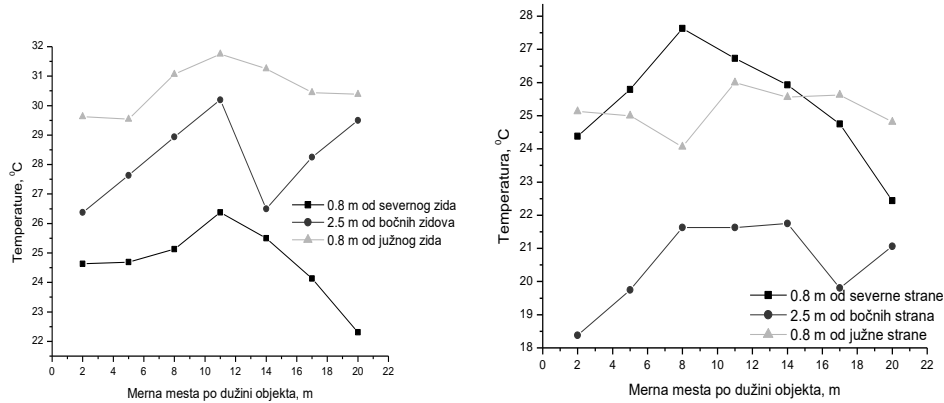
REZULTATI I DISKUSIJA

Temperatura u objektu

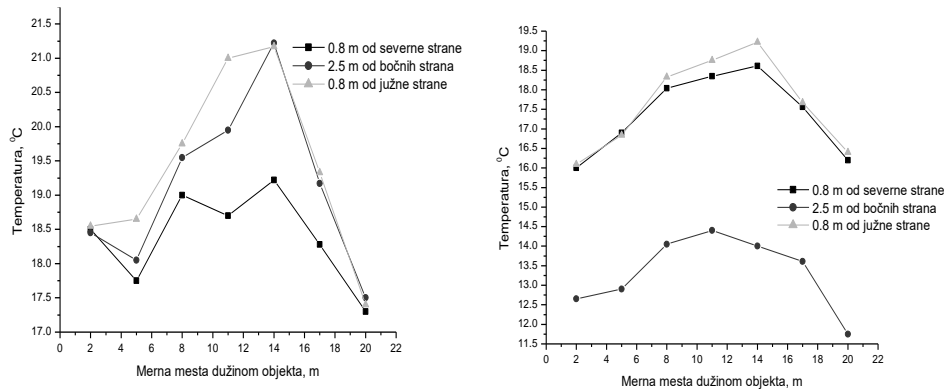
Temperatura u objektima zaštićenog prostora pokazuje značajna variranja. Mogu se zapaziti i razlike u temperaturi za različite strane tj. zidove objekta. Temperatura dužinom objekta menja vrednosti sa tendencijom povećanja na sredini objekta i opadanja na krajevima. Sa porastom visine objekta temperature na bočnim stranama su znatno više nego na sredini objekta. Ova tendencija se javlja tokom sva tri merenja u toku dana.



Sl. 1. Raspored temperatura po dužini i širini objekta na visini od 50 i 130 cm u 7.00 h



Sl. 2. Raspored temperatura po dužini i širini objekta na visini od 50 i 130 cm u 12.00 h



Sl. 3. Raspored temperatura po dužini i širini objekta na visini od 50 i 130 cm u 18.00 h

Merenja ukazuju na razlike u temperaturi na severnoj i južnoj strani objekta. Na manjoj visini razlika u temperaturi je značajnija i iznosi i do 7 °C tokom pojedinih merenja. Na većoj visini te razlike su manje značajne i kreću se u granicama 1-2 °C.

Tab. 1. Specifična potrošnja energije pojedinih sistema za zagrevanje

Sistem za zagrevanje	Specifična potrošnja energije [W/(m ² *K)]	Specifična potrošnja, %
Centralni sistem, cevi neposredno ispod krova	8,2	100
Centralni sistem, cevi ispod stolova	7,4	90
Centralni sistem, cevi pored zida	8,1	99
Centralni sistem, cevi iznad zemljišta	6,7	82
Topao vazduh, manja brzina	9,9	121
Topao vazduh, srednja brzina	7,1	87
Topao vazduh, velika brzina strujanja	8,0	97
Konvektori	7,8	95
Topao vazduh, PE cev	7,0	85

Temperatura u objektima se reguliše primenom tehničkih sistema grejanja, hlađenja, ventilacije ili zasenjivanja. Sistemi za zagrevanje podrazumevaju primenu zagrejanog vazduha, tople vode i infracrvenog zračenja. Istraživanja pokazuju da su sa aspekta potrošnje energije najrentabilniji centralni sistemi zagrevanja toplom vodom gde su cevi postavljene neposredno iznad zemljišta. Utvrđeni raspored temperatura potvrđuje ovu činjenicu.

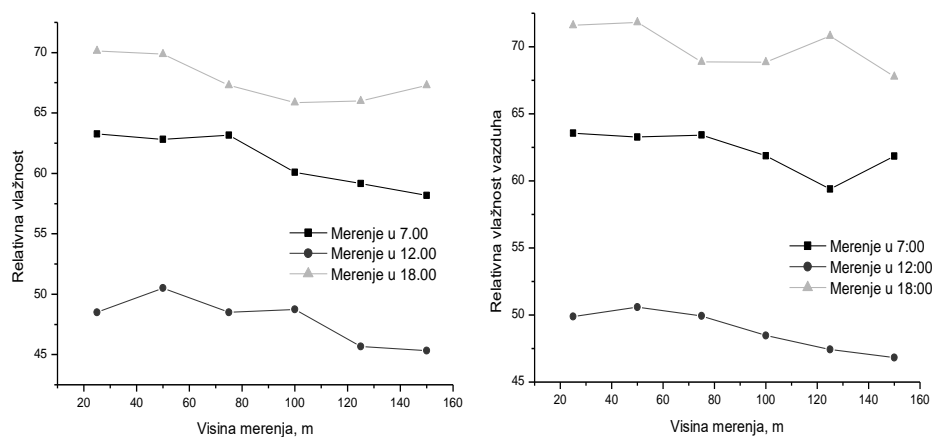
Za zagrevanje objekata uz istovremeno smanjenje utroška energije mogu se koristiti termalni zastori čijom se primenom mogu ostvariti sezonske uštede energije od 25-30%. Problem kod termalnih zastora može predstavljati kondenzacija na unutrašnjoj površini, ali se ovo može rešiti izborom poroznog materijala. Drugi problem je razlika u temperaturi vazduha i temperaturi unutar useva kada se termalni zastori otvore. Za naše klimatske uslove, upotreba dvostruke PE folije kod objekata tunel tipa omogućava početak prolećne proizvodnje paradajza polovinom januara meseca.

Temperatura zemljišta u objektu se može regulisati zasenjivanjem objekata, centralnim sistemom zagrevanja sa cevima postavljenim u zemljištu i sistemima za navodnjavanje.

Za praćenje i kontrolu temperature u objektima mogu se koristiti statičke i dinamičke strategije. Statička strategija najčešće podrazumeva zadavanje kontrolnih tačaka na osnovu kojih se pokreće sistem za zagrevanje/hlađenje. Međutim, kako temperatura u objektima ne zavisi samo od spoljašnje temperature, u kontroli se koriste dinamičke strategije koje baziraju na promeni intenziteta sunčevog zračenja, osvetljenja i temperature.

Vlažnost vazduha

Merenja ukazuju na variranje relativne vlažnosti vazduha tokom dana. Dobijene vrednosti pokazuju značajne razlike u relativnoj vlažnosti izmerenoj u podnevim časovima i onoj izmerenoj u jutarnjim i večernjim satima. Po visini objekta relativna vlažnost osciluje u granicama do $\pm 5\%$.

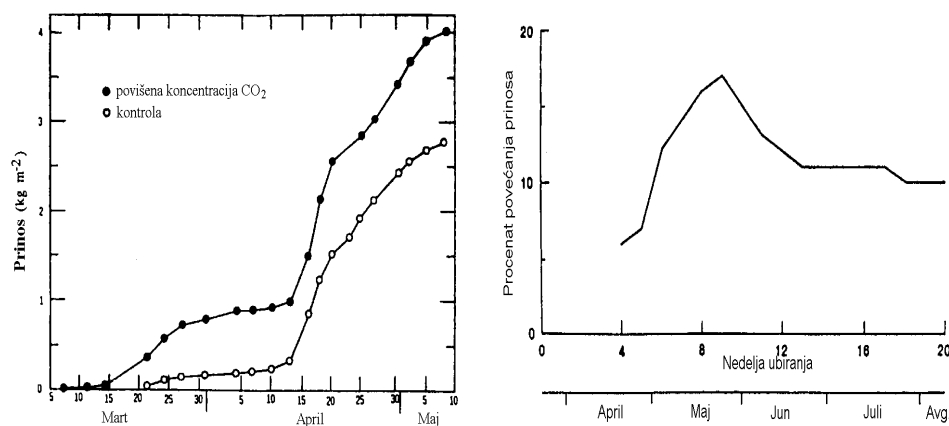


Sl. 4. Relativna vlažnost vazduha u plateniku

Kontrola relativne vlažnosti u objektima je moguća primenom sistema ventilacije, zagrevanja, hlađenja, mikroorošavanja i magljenja. Za objekte tunel tipa u našem regionu, prirodna ventilacija daje zadovoljavajuće rezultate u kontroli relativne vlažnosti. Opšta preporuka za kvalitetnu prirodnu ventilaciju, je da su otvori na krovu i bočnim stranama 16-25% od površine poda. Za blok objekte je neophodno, prilikom izrade projektne dokumentacije uzeti u obzir i tehničke sisteme prinudne ventilacije. Prinudna ventilacija podrazumeva korišćenje sistema ventilatora. Razmak između ventilatora zavisi od veličine prostora i može se kretati i do 15 m. Preporuka za blok objekte je da protok vazduha bude 0,02–0,03 m³/s m². Ako se radi o smanjenoj vlažnosti u objektu, onda je njena regulacija moguća primenom sistema mikronavodnjavanja orošavanjem koji podrazumeva primenu prskачa ili mikroorošivača. Spektar kapi koji se pritom dobije je 100-150 μm ili 5-10 μm.

Sastav i kvalitet vazduha

U pogledu sastava vazduha najznačajniji elementi za biljke su kiseonik i ugljendioksid. Sadržaj ugljendioksida u vazduhu je oko 0,03%. Optimalni sadržaj CO₂ je različit za različite kulture i kreće se u granicama 0,025% do 0,7 (0,9)%. Istraživanja su pokazala da sve biljke pozitivno reaguju na povišenje koncentracije CO₂, ali sve do granice od 0,1 do 0,15 %, a da efekat daljeg povišenja zavisi od same biljne vrste i klimatskih uslova regiona.



Sl. 5. Efekat povišenja koncentracije CO₂ na prinos krastavca

Moguće je, u zaštićenom prostoru, koncentraciju CO₂ povećati primenom adekvatnih uređaja. Ovo se veoma često koristi kod gajenja krastavaca, dinje i drugih vrsta iz familije *Cucurbitaceae*. Moguće je ili korišćenje čistog CO₂ ili sagorevanje goriva (butana/propana). Ovim sistemima koncentracija CO₂ se može povećati 10-20 puta, a mogu podleći i automatskim sistemima kontrole. Višak CO₂ u objektu se može regulisati sistemima ventilacije.

Svetlosni uslovi

Biljke najbolje iskorišćavaju svetlost talasnih dužina vidljivog dela spektra, 400-750 nm, pomoću koje vrše fotosintezu. Kratki infracrveni zraci, 700-2500 nm, imaju toplotni efekat te ih treba što više iskoristiti. Ultravioletni zraci, talasnih dužina 200-315 nm, negativno utiču na gajene biljke.

Kontrola svetlosnih uslova u objektima je moguća je tehničkim sistemima za dodatno osvetljenje (lampe različitog spektra svetlosti) i sistemima zasenjivanja. Natrijumske lampe (slika 6), se obično koriste za dodatno osvetljenje objekta. Korišćenje usijanih lampi nije preporučljivo, jer crveno svetlo koje se emituje sa ovih lampi uzrokuje da se biljke izdužuju. Fluorescentne lampe se koriste u prostorijama za uzgoj. Ove lampe su bogate plavim svetlom, koje utiče da biljke, proizvedene iz semena, budu veoma niske.



Sl. 6. Natrijumske i fluorescentne lampe

Jačina svetla uglavnom zavisi od zahteva useva i ekonomskog efekta primene. Jačina svetlosti bi trebalo da bude održavana na oko $150-250 \mu\text{m}^2\text{s}$ fotosintetički aktivnog zračenja (FAR). Proizvodnja svetlosti hladnih belih fluorescentnih (CWF) lampi smanjuje se tokom vremena. Iz tog razloga je važno meriti emitovanje svetlosti redovno. Ako intenzitet svetlosti padne ispod prihvatljivog nivoa (npr. $200 \mu\text{mol/m}^2\text{s}$) trebalo bi instalirati nove lampe. Kvantum senzor se može koristiti za merenje količine fotosintetički aktivnog zračenja.

Zamenom samo dela ukupnog broja lampi u isto vreme znači da neke lampe rade svojim maksimumom, dok su neke manje efikasne, a fluktuacija u ukupnoj proizvodnji svetlosti je izraženija.

Tehnički sistemi kontrole mogu biti projektovani da reaguju na vreme, zatim na količinu svetlosti u objektu ili na temperaturu u objektu.

ZAKLJUČAK

Biljna proizvodnja u zaštićenom prostoru predstavlja najintenzivniji oblik proizvodnje u poljoprivredi. Rast biljaka je intenzivan tokom cele godine kako bi se ostvarili visok prinos i dobar kvalitet proizvoda. Utrošak energije u ovoj tehnologiji gajenja je izuzetno visok, te se greške tokom samog procesa proizvodnje ne smeju

dozvoliti. Greške se mogu svesti na najmanju moguću vrednost primenom preciznih sistema kontrole procesa i klime unutar objekata te je praćenje i poznavanje mikroklimatskih uslova u objektu od velikog značaja. Temperatura vazduha i zemljišta, vlažnost vazduha i zemljišta, osvetljenje i sastav i kvalitet vazduha su, pored tehnologije gajenja, osnovni faktori uspešnosti biljne proizvodnje. Temperatura pokazuje variranja kako dužinom i tako i visinom objekta koja mogu biti značajna. Orijehtacija objekta takođe utiče na raspored temperatura. Više temperature se javljaju u jutarnjim satima na južnoj strani i niže u popodnevnom. Za adekvatnu kontrolu se preporučuje dinamička strategija, obzirom na kompleksnost odnosa temperature i ostalih klimatskih i proizvodnih parametara u objektu.

Relativna vlažnost vazduha pokazuje značajna variranja tokom dana u smislu manjih vrednosti tokom podnevnih časova i viših jutarnjih i večernjih. Sistem prirodne ventilacije preko otvora na čeonim i bočnim stranama zadovoljava potrebe regulacije relativne vlažnosti kod objekata tunel tipa.

Efekat povišenja koncentracije CO₂ na rast i razviće biljaka je očigledan. Savremeni tehnički sistemi za povišenje koncentracije CO₂ podležu visokom nivou kontrole i automatizacije, a njihovom primenom je moguće povisiti koncentraciju i do 20 puta.

Sistemi dopunskog osvetljenja mogu biti od izuzetnog značaja u ranoj proizvodnji rasada, gde mogu poslužiti za regulaciju količine svetlosti ali i kao sistemi za dodatno zagrevanje.

Rezultati istraživanja ukazuju na kompleksnost i uzajamnu povezanost i uslovljenost mikroklimatskih uslova i procesa u objektima zaštićenog prostora. Ovo je razlog zašto se sve veća pažnja posvećuje modeliranju i optimizaciji proizvodnje kao i tehnološko-tehničkim sistemima kontrole u objektima zaštićenog prostora.

LITERATURA

- [1] Tantau, H.-J. (1999): Specific Equipment Used for Cultivation Inside Greenhouses, Plant Production Engineering, CIGR Handbook of Agricultural Engineering, Volume III.
- [2] Y. Hashimoto, H. Nishina (1999): Greenhouse, Energy and Biomass Engineering, CIGR Handbook of Agricultural Engineering, Volume V.
- [3] Bot, G.P.A. (1993): Physical modelling of greenhouse climate, The Computerized Greenhouse, eds. Hashimoto, Y., G.P.A. Bot, W. Day, H.-J. Tantau, and H. Nonami, pp. 51–73. New York: Academic.
- [4] Tantau, H.-J. (1993): Optimal control for plant production in greenhouses, The Computerized Greenhouse, eds. Hashimoto, Y., G.P.A. Bot, W. Day, H.-J. Tantau, and H. Nonami, pp. 139–152. New York: Academic.
- [5] Albright, L.D. (1991): Production solar greenhouses. Solar Energy in Agriculture, ed. Parker, B.F., pp. 213–231. Amsterdam: Elsevier.
- [6] Haruhiko Murase (2002): Precision Technologies for Protected Agriculture, CIGR XVth World Congress, Chicago, USA.
- [7] Hanan, J. Joe (1998): Greenhouses. Advanced Technology for Protected Cultivation, CRC Press.
- [8] Nelson V. Paul (2003): Greenhouse Operation and Management, Sixth edition, Prentice Hall.

CLIMATIC CONDITION INSIDE GREENHOUSES AND POSSIBILITIES FOR THEIR CONTROL

Milan Đević¹, Slobodan Blažin², Aleksandra Dimitrijević¹

¹*Faculty of Agriculture - Belgrade*

²*Agricultural secondary school "Josif Pančić" - Pančevo*

Abstract: Successful greenhouse production is defined by four main factors – temperature, light, water content of the air and soil, and quality of air inside the objects. The greatest influence of all these factors and highest variations during production processes has temperature. Plants demands are various and they dictate the time of seeding or planting and the type of construction that is most suitable for the production. Temperatures inside the objects define plant growth intensity, fruit quality and time picking. These are the reasons why good control of temperature is needed.

In this paper climatic conditions in greenhouses are analysed and possibilities of their good control are given. Vertical and horizontal temperature distribution are shown for double plastic covered tunnel during tomato production. Established values, that show temperature and air relative humidity variation in greenhouse, can be used for heating system design and installation. Influence of air quality on time of picking and production quality is also shown.

Key words: *greenhouse, temperature, air quality, CO₂, technical systems, control.*