Utjecaj intenziteta svjetlosti na gustoću puči i razvoj listova zlatnog puzavca

Leona Ralić, 8. razred

OŠ Ljudevita Gaja, Zaprešić
Mentor: *Sanja Kovačić*

SAŽETAK

U ovom istraživanju ispitan je utjecaj različitog intenziteta svjetlosti na gustoću puči i razvoj listova zlatnog puzavca (*Epipremnum aureum* (Linden & André) G.S. Bunting). Šest biljaka podijeljeno je u dvije skupine: tri su uzgajane pri dnevnom svjetlu, a tri u polutami tijekom šest tjedana. Gustoća puči određena je metodom otiska epiderme pomoću prozirnog laka za nokte i mikroskopske analize. Uz gustoću puči praćeni su i broj novonastalih listova, površina listova te intenzitet zelene boje (G vrijednost RGB sustava) analiziran pomoću aplikacije Color Picker. Rezultati su pokazali da su biljke uzgojene na svjetlosti razvile statistički značajno veću gustoću puči u odnosu na biljke u polutami. Zabilježen je veći broj novonastalih listova u skupini uzgojenoj na svjetlosti. Razlika u površini novonastalih listova između skupina je mala, kao i razlika u intenzitetu zelene boje. Dobiveni rezultati potvrđuju da svjetlost ima značajan učinak na gustoću puči i dinamiku rasta zlatnog puzavca, ali neznatan na površinu lista i intenzitet zelene boje.

Ključne riječi: *stomatalni razvoj; površina lista; morfološke prilagodbe*

UVOD

Biljke su tijekom evolucije razvile brojne prilagodbe koje im omogućuju preživljavanje u različitim uvjetima okoliša. Uspješnost rasta i razvoja biljaka ovisi o nizu abiotičkih čimbenika, među kojima se posebno ističu dostupnost vode, temperatura, količina hranjivih tvari u tlu te svjetlost. Svjetlost je jedan od najvažnijih čimbenika jer predstavlja osnovni izvor energije za fotosintezu. Fotosintezom se sunčeva energija pretvara u kemijsku energiju pohranjenu u organskim tvarima, čime se biljkama omogućuje rast, razvoj i stvaranje novih organskih struktura. Bez odgovarajuće količine svjetlosti smanjuje se intenzitet fotosinteze, usporava se rast biljke te se mijenja način razvoja pojedinih biljnih organa, osobito listova (Taiz i Zeiger, 2010; Raven i sur., 2013). Povećana dostupnost svjetlosti, koja omogućuje višu stopu fotosinteze, često dovodi do intenzivnijeg vegetativnog rasta, uključujući brže formiranje novih listova (Taiz i Zeiger, 2010).

List je organ specijaliziran za hvatanje svjetlosti i provođenje fotosinteze. Njegova građa omogućuje učinkovito upijanje svjetlosne energije, ali i izmjenu plinova s okolišem. Tijekom fotosinteze biljci je potreban ugljikov dioksid, dok se kao produkt oslobađa kisik. Istodobno, iz lista se gubi vodena para procesom transpiracije. Stoga se u listu mora održavati ravnoteža između unosa ugljikova dioksida i ograničavanja gubitka vode. Transpiracija je pritom važna i za transport vode i mineralnih tvari te hlađenje biljnih tkiva (Taiz i Zeiger, 2010; Raven i sur., 2013).

Za izmjenu plinova i regulaciju transpiracije ključnu ulogu imaju puči (stome). Puči su mikroskopski otvori na epidermi lista, najčešće smješteni na donjoj strani lista, čime se smanjuje izravna izloženost suncu i pretjerani gubitak vode. Građa epiderme i položaj puči predstavljaju važnu anatomsko-funkcionalnu prilagodbu biljke (Fahn, 1990). Otvaranje i zatvaranje puči ovisi o intenzitetu svjetlosti, temperaturi, koncentraciji ugljikova dioksida, vlažnosti zraka te opskrbljenosti biljke vodom. Poznato je da svjetlost, osobito plavi dio spektra, potiče aktivaciju ionskih pumpi u zapornim stanicama, što dovodi do povećanja turgora i otvaranja puči (Taiz i Zeiger, 2010). U uvjetima tame puči se zatvaraju kako bi se smanjio gubitak vode (Raven i sur., 2013). Ove promjene predstavljaju kratkoročni fiziološki odgovor (Pevalek-Kozlina, 2003).

Autori zadržavaju autorska prava te časopisu daju pravo prvog objavljivanja rada u skladu s licencijom CC BY 4.0, koja dopušta drugima dijeljenje rada uz navođenje autorstva i izvornog mjesta objavljivanja rada u časopisu.

Osim kratkoročnih promjena u otvorenosti puči, postoje i dugoročne prilagodbe koje se odnose na njihov razvoj i raspored tijekom formiranja lista. Gustoća puči definira se kao broj puči po jedinici površine (najčešće po mm²) i određuje se tijekom razvoja lista. Ona ovisi o genetskim čimbenicima, ali i o uvjetima okoliša, osobito dostupnosti svjetlosti (Fahn, 1990; Raven i sur., 2013).

Razlike u građi listova razvijenih pri različitim svjetlosnim uvjetima često se opisuju kao razlika između „sunčanih" i „sjenovitih" listova. Sunčani listovi razvijaju se pri jačem osvjetljenju te su često deblji i prilagođeni intenzivnoj fotosintezi, dok su sjenoviti listovi tanji i imaju veću površinu kako bi učinkovitije hvatali svjetlost. U sklopu tih prilagodbi mogu se pojaviti i razlike u gustoći puči. Istraživanja su pokazala da listovi razvijeni pri jačem osvjetljenju često imaju veću gustoću puči (Idris i sur., 2019).

Gay i Hurd (1975) istaknuli su da intenzitet svjetlosti može utjecati na gustoću puči kroz odnos između stvaranja novih puči i širenja lisne plojke. Ako se list brže širi, gustoća puči može se smanjiti unatoč povećanju njihova ukupnog broja. Zato broj puči pokazuje kako se biljka prilagođava svjetlu i drugim uvjetima okoliša.

U novijim istraživanjima istaknuto je da stomatalni razvoj može biti reguliran svjetlošću, no odgovor biljke može biti složen i varirati među vrstama, pa čak i među pojedinim listovima iste biljke. Vráblová i suradnici (2018) pokazali su da intenzitet svjetlosti može utjecati na razvoj puči, ali da promjene ne moraju biti jednake u svim generacijama listova niti na svim dijelovima lista. Takvi rezultati upućuju na složenost utjecaja svjetlosti na stomatalni razvoj te naglašavaju važnost istraživanja u kontroliranim uvjetima, gdje se može jasno usporediti djelovanje različitih svjetlosnih tretmana.

Gustoća puči ima važno biološko značenje jer je izravno povezana s izmjenom plinova i transpiracijom. Veća gustoća puči može omogućiti brži unos ugljikova dioksida i višu stopu fotosinteze, osobito pri jakom osvjetljenju. Međutim, povećan broj puči može dovesti i do većeg gubitka vode, što može biti nepovoljno u sušnim uvjetima. S druge strane, manja gustoća puči može smanjiti transpiraciju, ali istodobno ograničiti unos ugljikova dioksida i usporiti fotosintezu. Stoga se gustoća puči može promatrati kao važna prilagodba biljke na okolišne uvjete i kao mehanizam održavanja ravnoteže između učinkovitosti fotosinteze i očuvanja vode (Taiz i Zeiger, 2010; Raven i sur., 2013).

Osim promjena u gustoći puči, različiti svjetlosni uvjeti mogu utjecati i na građu te izgled listova. U jačem svjetlu listovi se često razvijaju deblji i prilagođeni intenzivnijoj fotosintezi, dok su listovi razvijeni u slabijem svjetlu tanji i često veće površine kako bi povećali učinkovitost hvatanja svjetlosti. Fan i suradnici (2013) istaknuli su da intenzitet svjetlosti može utjecati na debljinu lista te na određena stomatalna obilježja. Promjene u svjetlosnim uvjetima mogu biti povezane i s promjenama u sadržaju biljnih pigmenata. Rezai i suradnici (2018) navode da smanjenje intenziteta svjetlosti može dovesti do promjena u količini klorofila i karotenoida, što se može odraziti na vizualnu boju lista. Zbog toga je, uz gustoću puči, opravdano pratiti i dodatne pokazatelje razvoja listova, poput veličine listova i intenziteta zelene boje.

U ovom istraživanju proučavan je utjecaj različitog intenziteta svjetlosti na gustoću puči novonastalih listova zlatnog puzavca (*Epipremnum aureum*). Zlatni puzavac je česta sobna biljka poznata po otpornosti i sposobnosti prilagodbe različitim svjetlosnim uvjetima, uključujući svjetlo i polusjenu (Hessayon, 2008). Relativno veliki, čvrsti i glatki listovi ove vrste olakšavaju izradu otisaka epiderme, a jasno vidljive puči na povećaju 100 x omogućuju jednostavnu mikroskopsku analizu i pouzdano brojanje puči. Navedene karakteristike predstavljaju razloge zbog kojih je zlatni puzavac odabran za ovo istraživanje. Metoda izrade otisaka pomoću prozirnog laka za nokte i ljepljive trake predstavlja jednostavan i pristupačan postupak prikladan za provedbu u školskim uvjetima. Time je omogućeno promatranje i prebrojavanje puči pod svjetlosnim mikroskopom te dobivanje brojčanih podataka pogodnih za usporedbu.

Ispitivanjem utjecaja svjetlosnih uvjeta na razvoj puči tijekom formiranja novih listova može se doprinijeti razumijevanju biljnih prilagodbi na okolišne čimbenike. Uz gustoću puči, praćeni su i veličina listova, intenzitet zelene boje te broj novonastalih listova kako bi se dobila cjelovitija slika razvoja biljke u različitim uvjetima osvjetljenja.

Ciljevi istraživanja:

- ispitati utjecaj različitog intenziteta svjetlosti na gustoću puči novonastalih listova zlatnog puzavca
- ispitati utjecaj svjetlosnih uvjeta na veličinu novonastalih listova
- ispitati utjecaj svjetlosnih uvjeta na broj i boju novonastalih listova tijekom šest tjedana.

Pretpostavke istraživanja su:

- Novonastali listovi razvijeni u polutami imat će manju gustoću puči (puči/mm²) u odnosu na novonastale listove razvijene pri dnevnom svjetlu.
- Gustoća puči na novonastalim listovima nakon tretmana polutame i svjetla bit će različita u odnosu na početno (kontrolno) mjerenje.
- Novonastali listovi razvijeni u polutami imat će manju površinu lisne plojke u odnosu na listove razvijene pri dnevnom svjetlu.
- Novonastali listovi razvijeni u polutami imat će nižu G vrijednost (svjetliju nijansu zelene boje) u odnosu na listove razvijene pri dnevnom svjetlu.
- Biljke uzgajane pri dnevnom svjetlu tijekom šest tjedana razvit će veći broj novonastalih listova u odnosu na biljke uzgajane u polutami.

METODE RADA

U istraživanju je korišteno šest biljaka zlatnog puzavca (*Epipremnum aureum* (Linden & André) G.S.Bunting) uzgojenih u jednakim posudama (slika 1). Biljke su nabavljene iz komercijalnog vrtnog centra te su prije početka pokusa smještene u jednake uvjete unutarnjeg prostora. Početno mjerenje gustoće puči provedeno je prije početka svjetlosnog tretmana kako bi se provjerila usporedivost skupina. Kao materijal i pribor korišteni su: jednake posude i supstrat, prozirni lak za nokte, prozirna ljepljiva traka, predmetna stakalca, svjetlosni mikroskop (ukupno povećanje 100×), papirnati ručnici te tablica za bilježenje podataka.



Slika 1 Biljke zlatnog puzavca korištene u istraživanju

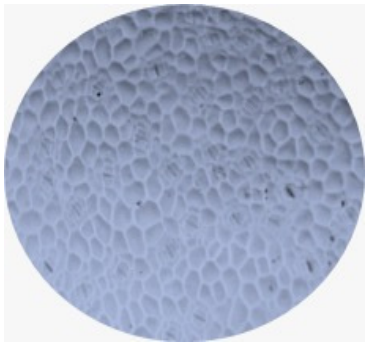
Na početku istraživanja uzeti su otisci epiderme postojećih listova kako bi se odredilo početno stanje gustoće puči (slika 2). Za svaku biljku analizirana su tri postojeća lista slične veličine radi dobivanja pouzdanijeg prosjeka.

Otisci epiderme dobiveni su nanošenjem tankog sloja prozirnog laka za nokte na središnji dio donje strane plojke lista. Nakon sušenja laka (oko 5 minuta), preko osušenog sloja zalijepljena je prozirna ljepljiva traka, koja je zatim pažljivo uklonjena kako bi se dobio otisak epiderme s pučima. Traka s otiskom zalijepljena je na predmetno stakalce.



Slika 2 Početno brojanje puči

Preparati su promatrani svjetlosnim mikroskopom pri ukupnom povećanju 100× (objektiv 10×, okular 10×) (slika 3).



Slika 3 Puči zlatnog puzavca promatrane svjetlosnim mikroskopom pri povećanju 100×

Na svakom otisku prebrojan je broj puči u deset vidnih polja koja se nisu međusobno preklapala. Promjer vidnog polja (FOV) izračunan je prema formuli:

FOV (mm) = FN (mm) / povećanje objektiva

Kao FN (Field Number) korišteno je 18 mm (DIN/18), a objektiv povećanja 10×. Dobiven je promjer vidnog polja od 1,8 mm. Površina vidnog polja izračunana je prema formuli za površinu kruga:

$P = \pi \cdot (D/2)^2$

Dobivena površina iznosila je približno 2,54 mm². Gustoća puči izražena je kao broj puči po mm² i izračunata prema formuli:

gustoća puči = broj puči / 2,54 mm²

Nezavisna varijabla u istraživanju bili su svjetlosni uvjeti (svjetlost i polutama), dok je zavisna varijabla bila gustoća puči na novonastalim listovima (broj puči po mm²). Kontrolirane varijable uključivale su vrstu biljke, broj biljaka u skupinama, trajanje pokusa (6 tjedana), temperaturu, količinu vode, jednake posude i supstrat te jednak postupak izrade otisaka i brojanja puči.

Nakon početnog mjerenja biljke su podijeljene u dvije skupine i izložene različitim svjetlosnim uvjetima tijekom šest tjedana. Prvu skupinu činile su tri biljke uzgajane pri dnevnom svjetlu, a drugu skupinu tri biljke uzgajane u polutami. Temperatura i količina vode bile su jednake za obje skupine.

Nakon tretmana analizirana su dva novonastala, potpuno razvijena list po biljci (ukupno dvanaest listova). Otisci su uzimani s donje strane listova (donja epiderma). Broj puči prebrojan je u deset vidnih polja na svakom otisku.

Nakon tretmana izmjerene su duljina i širina novonastalih lista sa svake biljke. Mjerena je isključivo lisna plojka (bez peteljke). Površina plojke procijenjena je prema empirijskoj formuli koja se koristi u botaničkim procjenama površine lista:

$P \approx 0{,}785 \times \text{duljina} \times \text{širina}$

Faktor 0,785 predstavlja približnu vrijednost $\pi/4$ i proizlazi iz formule za površinu elipse, budući da plojka lista približno odgovara eliptičnom obliku.

Intenzitet zelene boje određen je analizom G vrijednosti (zelena komponenta RGB sustava) pomoću aplikacije Color Picker. Listovi su fotografirani mobitelom pod istim uvjetima dnevnog osvjetljenja uz istu bijelu pozadinu. Na svakom listu provedeno je sedam mjerenja na središnjim dijelovima plojke, a za analizu je korištena prosječna G vrijednost po listu.

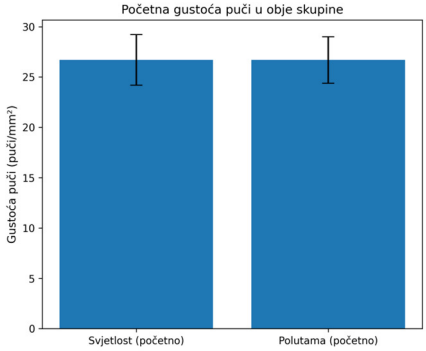
Izračunate su prosječne vrijednosti gustoće puči po biljci i po skupini te je provedena usporedba između skupina i u odnosu na početno stanje. Rezultati su prikazani tablično i grafički.

Za usporedbu prosječnih vrijednostii između skupina korišten je Studentov t-test za nezavisne uzorke. Razina statističke značajnosti postavljena je na $p < 0{,}05$.

REZULTATI

Prije početka tretmana izmjerena je gustoća puči na listovima svih šest biljaka kako bi se usporedile dvije skupine. Dobiveni rezultati pokazali su da između biljaka predviđenih za uzgoj na svjetlosti i biljaka za uzgoj u polutami nije postojala razlika u početnoj gustoći puči.

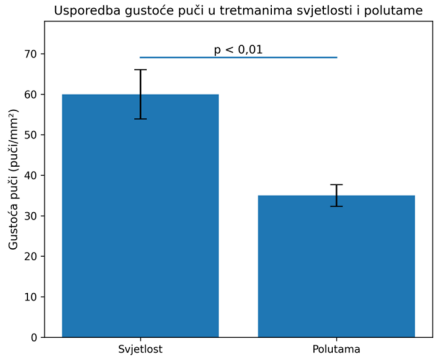
Prosječna vrijednost u obje skupine iznosila je 26,7 puči po vidnom polju. Kao što je prikazano na slici 4, početne vrijednosti gotovo su jednake. Standardna devijacija u obje skupine bila je niska (svjetlost: ± 2,52; polutama: ± 2,31).



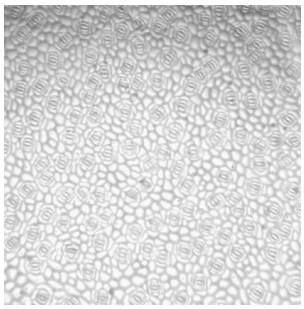
Slika 4 Početna gustoća puči u skupini biljaka predviđenih za uzgoj na svjetlosti i u polutami

Nakon razdoblja tretmana, biljke uzgojene na svjetlosti imale su prosječnu gustoću puči od 60 ± 6,08 puči/mm², dok je u skupini uzgajanoj u polutami prosječna vrijednost iznosila 35 ± 2,65 puči/mm² (slika

5). Razlika između skupina bila je statistički značajna ($t = 6,53$; $p < 0,01$). U odnosu na početno mjerenje (26,7 puči po vidnom polju), gustoća puči povećala se u obje skupine, no povećanje je bilo znatno izraženije u tretmanu svjetlosti. Gustoća puči biljke koja je izložena tretmanu svjetlosti prikazan je na slici 6.



Slika 5 Prosječna gustoća puči na novonastalim listovima biljaka uzgojenih na svjetlosti i u polutami nakon tretmana



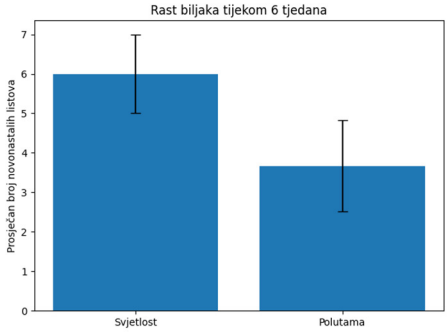
Slika 6 Gustoća puči na novonastalim listovima biljake uzgojene na svjetlosti

Tijekom šest tjedana praćen je broj novonastalih listova kod svih biljaka. Podaci su prikazani u tablici 1. Biljke izložene svjetlosti razvile su u prosjeku 6 novih listova, dok su biljke u polutami razvile prosječno 3,7 novih listova.

Tablica 1 Broj novonastalih listova tijekom šest tjedana

Biljka	Svjetlosni uvjeti	Broj listova
1	svjetlost	7
2	svjetlost	5
3	svjetlost	6
4	polutama	3
5	polutama	5
6	polutama	3

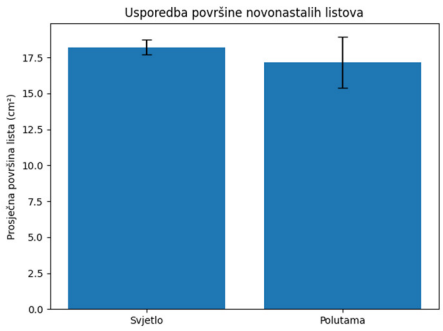
Kao što je prikazano na slici 7, rast je bio izraženiji u skupini izloženoj svjetlosti.



Slika 7 Prosječan broj novonastalih listova u skupini biljaka uzgojenih na svjetlosti i u polutami tijekom šest tjedana (prikazane su srednje vrijednosti ± SD)

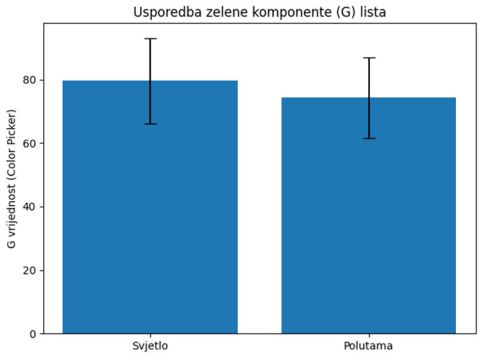
U skupini biljaka izloženih svjetlu prosječna površina novonastalih listova iznosila je 18,21 cm². Pojedinačne vrijednosti po biljkama bile su 17,8 cm², 18,04 cm² i 18,8 cm². U skupini biljaka uzgojenih u polutami prosječna površina novonastalih listova iznosila je 17,15 cm², pri čemu su pojedinačne vrijednosti bile 15,25 cm², 18,75 cm² i 17,47 cm².

Razlika između skupina iznosila je 1,06 cm² u korist biljaka izloženih svjetlosti (slika 8). t-testom za nezavisne uzorke nije utvrđena statistički značajna razlika u površini listova između skupina (t = 0,99; p = 0,41).



Slika 8 Prosječna površina novonastalih listova biljaka uzgojenih na svjetlu i u polutami. Prikazane su srednje vrijednosti ± SD.

Tijekom istraživanja izmjerena je i G vrijednost (zelena komponenta RGB sustava) kao pokazatelj intenziteta zelene boje listova. Za svaki list provedeno je sedam mjerenja u središnjem dijelu plojke, izračunat je prosjek po listu, a zatim prosjek po skupini (n = 3 biljke). Prosječna G vrijednost listova biljaka uzgojenih na svjetlu iznosila je 79,6 ± 13,5 (SD), dok je u polutami iznosila 74,23 ± 12,7 (SD). t-testom za nezavisne uzorke nije utvrđena statistički značajna razlika između skupina (t = 0,50; p = 0,646) (slika 9). Vizualna usporedba boje listova biljaka uzgojenih na svjetlu i biljaka uzgojenih u polutami prikazana je na slici 10.



Slika 9 Prosječna G vrijednost (intenzitet zelene boje) listova biljaka uzgojenih na svjetlosti i u polutami. Prikazane su srednje vrijednosti ± SD



Slika 10 Usporedba boje listova biljaka uzgojenih na svjetlu i polutami

RASPRAVA

Rezultati su pokazali statistički značajnu razliku u gustoći puči između tretmana svjetlosti i polutame. Ovakav rezultat u skladu je s navodima Raven i sur. (2013) te Taiz i Zeiger (2010), koji ističu da se gustoća puči određuje tijekom razvoja lista i da može biti pod utjecajem okolišnih čimbenika, osobito intenziteta svjetlosti. Dobiveni podaci potvrđuju da svjetlost ne utječe samo na kratkoročno otvaranje puči, već i na njihovu raspodjelu tijekom formiranja lista.

U odnosu na početno mjerenje, povećanje gustoće puči zabilježeno je u obje skupine. Budući da su analizirani novonastali listovi, takav je rezultat očekivan jer se tijekom razvoja lista prirodno formiraju nove puči. Međutim, porast je bio znatno izraženiji u skupini uzgojenoj na svjetlosti, što upućuje na razvojnu prilagodbu lista uvjetima pojačanog osvjetljenja. Povećana gustoća puči u uvjetima jačeg svjetla može se protumačiti kao prilagodba biljke na veću potrebu za izmjenom plinova u uvjetima intenzivnije fotosinteze, što je u skladu s rezultatima Idris i sur. (2019) te Gay i Hurd (1975).

Gustoća puči predstavlja broj puči po jedinici površine lista, pa ovisi ne samo o stvaranju novih puči, već i o širenju lisne plojke. U ovom istraživanju prosječna površina novonastalih listova bila je nešto veća u skupini uzgojenoj na svjetlosti (18,21 cm^2) u odnosu na polutamu (17,15 cm^2), no ta razlika nije bila statistički značajna ($p = 0,41$). Time se može zaključiti da veći broj puči nije povezan s veličinom lista nego s utjecajem svjetlosti na njihov rast što potvrđuje rezultate Gay i Hurd (1975) da intenzitet svjetlosti može izravno utjecati na razvoj puči, neovisno o ukupnoj veličini lista.

Uz promjene u gustoći puči, biljke uzgojene na svjetlosti razvile su veći broj novih listova tijekom šest tjedana, što upućuje na intenzivniji rast u uvjetima veće dostupnosti svjetlosti. Takav rezultat u skladu je s općim fiziološkim načelima prema kojima povećana količina svjetlosti omogućuje veću fotosintetsku aktivnost i potiče rast biljke (Taiz i Zeiger, 2010).

Analiza intenziteta zelene boje listova (G vrijednost) također nije pokazala statistički značajnu razliku između skupina ($p = 0,646$) premda se vizualno primjećuje blago tamnija boja novonastalih listova kod biljaka izloženih svjetlosti. Iako su u literaturi opisane promjene u sadržaju pigmenata pod različitim svjetlosnim uvjetima (Rezai i sur., 2018), u ovom istraživanju takve razlike su djelomično potvrđene korištenom metodom mjerenja. Na rezultat mogu utjecati i tehnički čimbenici, poput osvjetljenja pri fotografiranju ili položaja lista. Vráblová i sur. (2018) ističu da odgovor stomatalnog razvoja i listnih svojstava na svjetlost može biti složen i ovisan o vrsti, što može objasniti izostanak jasne promjene boje u ovom pokusu.

Dobiveni rezultati pokazali su povećanje gustoće puči u tretmanu svjetlosti i polutame u odnosu na početnu mjerenje, što upućuje na to da su biljke prije tretmana bile u umjerenim ili slabijim svjetlosnim uvjetima. Time se potvrđuje da promjena intenziteta svjetlosti tijekom pokusa ima snažan razvojni učinak na formiranje puči.

Ograničenje istraživanja predstavlja mali broj uzoraka ($n = 3$ po skupini) te činjenica da je intenzitet zelene boje određen mobilnom aplikacijom, što ne može u potpunosti zamijeniti laboratorijske metode određivanja sadržaja klorofila. Unatoč tome, rezultati jasno potvrđuju da svjetlost ima značajan utjecaj na razvoj puči, dok su promjene u veličini lista i intenzitetu zelene boje bile manje izražene i statistički neznačajne kod vrste *Epipremnum aureum.*

Promatrani rezultati pokazuju da se prilagodba zlatnog puzavca povećanom intenzitetu svjetlosti prvenstveno očituje kroz anatomske promjene (povećanje gustoće puči) i ubrzani vegetativni rast (veći broj novonastalih listova), dok morfološka obilježja pojedinog lista, poput njegove površine i intenziteta zelene boje, u uvjetima ovog istraživanja, nisu pokazala statistički značajne promjene. Time

se može zaključiti da svjetlost u ovom istraživanju snažnije utječe na razvojne i anatomske prilagodbe lista nego na promjene njegove ukupne veličine ili boje.

ZAKLJUČCI

Rezultati istraživanja pokazali su da intenzitet svjetlosti statistički značajno utječe na gustoću puči kod zlatnog puzavca (*Epipremnum aureum*). Biljke uzgojene na svjetlosti razvile su znatno veću gustoću puči u usporedbi s biljkama uzgojenima u polutami. U odnosu na početno mjerenje, povećanje gustoće puči zabilježeno je u obje skupine, no porast je bio izraženiji u tretmanu svjetlosti, što pokazuje da ječe svjetlo potiče stvaranje većeg broja puči.

U odnosu na postavljene pretpostavke, potvrđena je pretpostavka da će novonastali listovi razvijeni u polutami imati manju gustoću puči u odnosu na listove razvijene pri dnevnom svjetlu. Također je potvrđena pretpostavka da će biljke uzgajane pri dnevnom svjetlu razviti veći broj novih listova tijekom šest tjedana, što upućuje na intenzivniji rast u uvjetima veće dostupnosti svjetlosti.

Pretpostavke vezane uz promjene u veličini listova i intenzitetu zelene boje su djelomično potvrđene. Iako su listovi biljaka uzgojenih na svjetlosti u prosjeku bili malo veći, razlika nije statistički značajna. Također, analiza G vrijednosti (intenzitet zelene boje) nije pokazala statistički značajnu razliku između tretmana. Time se može zaključiti da je svjetlost u uvjetima ovog pokusa imala neznatan utjecaj na površinu lista i na intenzitet zelene komponente boje.

Potvrđena je pretpostavka prema kojoj će gustoća puči u tretmanu polutame i svjetla bit različita nego u početnom mjerenju, budući da je zabilježeno povećanje gustoće puči u oba tretmana. To ukazuje na to da se tijekom razvoja novih listova prirodno formiraju nove puči, dok intenzitet svjetlosti utječe na opseg tog povećanja.

Zaključno, rezultati potvrđuju da svjetlost ima snažan razvojni učinak na anatomska svojstva lista, osobito na formiranje puči, dok su promjene u morfološkim svojstvima (površina lista) i intenzitetu zelene boje bile manje izražene i statistički neznačajne u uvjetima ovog istraživanja.

LITERATURA

Fan X. X., Xu Z. G., Liu X. Y., Tang C. M., Wang L. W., Han X. L. 2013. Effects of light intensity on the growth and leaf development of young tomato plants grown under a combination of red and blue light. Scientia Horticulturae 153: 50–55.

Fahn A. 1990. Plant Anatomy. Pergamon Press, Oxford, New York.

Gay A. P., Hurd R. G. 1975. The influence of light on stomatal density in the tomato. New Phytologist 75: 37–46.

Hessayon D. G. 2008. The House Plant Expert. Sterling Publishing Company, Inc., New York.

Idris A., Linatoc A. C., Bakar M. F. B. A. 2019. Effect of light intensity on the photosynthesis and stomatal density of selected plant species of Gunung Ledang, Johor. Malaysian Applied Biology 48(3): 133–140.

Pevalek-Kozlina B. 2003. Fiziologija bilja. Sveučilište u Zagrebu, Profil, Zagreb.

Raven P. H., Evert R. F., Eichhorn S. E. 2013. Biology of Plants. W.H. Freeman and Company, New York.

Rezai S., Etemadi N., Nikbakht A., Yousefi M., Majidi M. M. 2018. Effect of light intensity on leaf morphology, photosynthetic capacity and chlorophyll content in sage (*Salvia officinalis* L.). Horticulture Science and Technology 36: 46–57.

Taiz L., Zeiger E. 2010. Plant Physiology. Sinauer Associates, Sunderland.

Vráblová M., Hronková M., Šantrůček J. 2018. Light intensity-regulated stomatal development in three generations of *Lepidium sativum*. Environmental and Experimental Botany 156: 316–324.