



UNIVERZITET U BANJOJ LUCI
POLJOPRIVREDNI FAKULTET



Jelena Davidović Gidas, mr

**Optimizacija protokola za mikropropagaciju
ljekovitih i ukrasnih vrsta iz porodice Lamiaceae**

DOKTORSKA DISERTACIJA

Banja Luka, 2025. godine



UNIVERSITY OF BANJA LUKA
FACULTY OF AGRICULTURE



Jelena Davidović Gidas, mr

**Optimization of Micropropagation Protocols for
Medicinal and Ornamental Species from the
Lamiaceae Family**

DOCTORAL DISSERTATION

Banja Luka, 2025

Mentor

Prof. dr Svjetlana Zeljković, vanredni profesor Poljoprivrednog fakulteta Univerziteta u Banjoj Luci

Naslov doktorske disertacije

Optimizacija protokola za mikropropagaciju ljekovitih i ukrasnih vrsta iz porodice Lamiaceae

Rezime

Disertacija se bavi optimizacijom protokola za mikropropagaciju tri značajne biljne vrste iz porodice Lamiaceae – lavande (*Lavandula angustifolia* Mill.), ruzmarina (*Rosmarinus officinalis* L.) i podubice (*Teucrium chamaedrys* L.). Istraživanje je motivisano potrebom za obezbjeđivanjem kvalitetnog, genetski uniformnog i komercijalno održivog sadnog materijala ovih vrsta, čija se tradicionalna proizvodnja suočava s brojnim izazovima, uključujući nisku klijavost sjemena, slabo ukorjenjavanje reznica i genetička varijabilnost.

Pregled literature obuhvatio je dosadašnja istraživanja iz oblasti mikropropagacije istraživanih vrsta, sa posebnim naglaskom na primjenu biljnih regulatora rasta (mT, 6-BAP, NAA, IBA) i LED tehnologije (plavo, crveno i kombinovano svjetlo) u *in vitro* kulturi. Posebno je istaknuta aktuelnost primjene mT kao alternativnog citokinina sa povoljnijim efektima na morfogenezu i smanjenim neželjenim efektima u poređenju sa 6-BAP-om. Takođe je analiziran uticaj različitih spektara svjetlosti na rast i razvoj biljnih tkiva, pri čemu su plavo i crveno LED svjetlo identifikovani kao potencijalno najefikasniji za stimulaciju razvoja korijena i biomase.

Eksperimentalni dio disertacije sproveden je u kontrolisanim laboratorijskim uslovima, a obuhvatio je faze multiplikacije, *in vitro* ukorjenjavanja i aklimatizacije biljaka. Primijenjene su različite kombinacije biljnih regulatora rasta i svjetlosnih režima, a rezultati su analizirani uz pomoć savremenih statističkih metoda, uključujući dvofaktorijalnu analizu varijanse i neparametarsku ART (Aligned Rank Transform) metodu. Posebna pažnja posvećena je identifikaciji optimalnih kombinacija tretmana koje omogućavaju visok stepen regeneracije, ukorjenjavanja i preživljavanja biljaka u *ex vitro* uslovima.

Dobijeni rezultati su pokazali da interakcija svjetlosnih uslova i biljnih regulatora rasta ili njihov pojedinačni efekat, značajno utiču na sve analizirane parametre: svježiu i suhu masu, broj i dužinu izdanaka, broj nodusa, procenat ukorjenjavanja, dužinu i broj korijenova, kao i stopu preživljavanja nakon aklimatizacije.

Disertacija donosi značajan doprinos unapređenju metodologije mikropropagacije pomenutih vrsta, potvrđujući praktične prednosti primjene LED svjetlosti i mT kao alternativnog citokinina. Pored unapređenja postojećih protokola, rezultati otvaraju prostor za primjenu sličnih pristupa kod drugih vrsta iz porodice Lamiaceae, kao i za dalja istraživanja koja bi uključivala molekularnu i biohemijsku analizu odgovora biljaka na različite *in vitro* uslove.

Ključne riječi: *in vitro* kultura, LED svjetla, meta-Topolin, *Lavandula angustifolia* Mill., *Rosmarinus officinalis* L., *Teucrium chamaedrys* L.

Naučna oblast: Poljoprivredne nauke

Naučno polje: Poljoprivredne biljne nauke, Hortikultura

Klasifikaciona oznaka: B432 – Biomedicinske nauke – Ukrasne biljke

Tip odabrane licence Kreativne zajednice: Autorstvo – nekomercijalno – dijeliti pod istim uslovima (CC BY-NC-SA)

UDK: 615.322:582.929.4]:581.165.7(043.3)

Mentor

Prof. Svjetlana Zeljković, PhD, Associate Professor, Faculty of Agriculture, University of Banja Luka

Title of the Doctoral Dissertation

Optimization of Micropropagation Protocols for Medicinal and Ornamental Species from the Lamiaceae Family

Abstract

This dissertation focuses on the optimization of micropropagation protocols for three important plant species from the Lamiaceae family – lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.), rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.), and wall germander (*Teucrium chamaedrys* L.). The research was motivated by the need to provide high-quality, genetically uniform, and commercially sustainable planting material for these species, whose traditional propagation faces multiple challenges, including low seed germination, poor rooting of cuttings, and genetic variability.

The literature review included previous studies on the micropropagation of the selected species, with a particular emphasis on the application of plant growth regulators (mT, 6-BAP, NAA, IBA) and LED technology (blue, red, and combined red and blue light spectra) in *in vitro* culture. Special attention was given to the relevance of meta-topolin (mT) as an alternative cytokinin, with more favorable effects on morphogenesis and fewer undesirable side effects compared to 6-BAP. The influence of various light spectra on plant tissue growth and development was also analyzed, identifying blue and red LED lights as potentially the most effective for stimulating root formation and biomass accumulation.

The experimental part of the dissertation was conducted under controlled laboratory conditions and included the phases of shoot multiplication, *in vitro* rooting, and plantlet acclimatization. Various combinations of plant growth regulators and light regimes were applied, and the results were analyzed using modern statistical methods, including two-way analysis of variance (ANOVA) and the non-parametric ART (Aligned Rank Transform) method. Special focus was placed on identifying optimal treatment combinations that enable a high degree of regeneration, rooting, and plant survival under *ex vitro* conditions.

The results showed that both the interaction of light conditions and plant growth regulators, as well as their individual effects, significantly influenced all analyzed

parameters: fresh and dry mass, shoot number and length, number of nodes, rooting percentage, root length and number, and post-acclimatization survival rate.

This dissertation provides a significant contribution to improving micropropagation methodologies for the studied species, confirming the practical advantages of using LED lighting and meta-Topolin as an alternative cytokinin. In addition to improving existing protocols, the findings pave the way for applying similar approaches to other Lamiaceae species, as well as for future research involving molecular and biochemical analyses of plant responses under different *in vitro* conditions.

Keywords: *in vitro* kultura, LED svjetla, meta-Topolin, *Lavandula angustifolia* Mill., *Rosmarinus officinalis* L., *Teucrium chamaedrys* L.

Scientific field: Agricultural Sciences

Scientific branch: Plant Agricultural Sciences, Horticulture

Classification code: B432 – Biomedical Sciences – Ornamental Plants

Type of selected Creative Commons license: Attribution – NonCommercial – ShareAlike (CC BY-NC-SA)

UDC: 615.322:582.929.4]:581.165.7(043.3)

Ovaj rad je rastao pod različitim svjetlima – naučnim, emotivnim i ljudskim. U najtišim trenucima, svjetlili su oni koji su vjerovali kad ja nisam. Jer život je, kako kažu, vječna borba između svjetlosti i tame, a ova stranica pripada onima koji su uvijek birali svjetlo – i za sebe, i za mene.

Jelena

SADRŽAJ

1. UVOD	1
2. PREGLED LITERATURE	2
2.1. <i>In vitro</i> kultura biljnih tkiva i ćelija	2
2.2. Svjetlost kao faktor rasta i razvoja biljaka u <i>in vitro</i> kulturi	4
2.3. Biljni regulatori kao faktori rasta i razvoja biljaka u <i>in vitro</i> kulturi.....	7
2.4. Lavanda (<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.)	10
2.5. Ruzmarin (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.)	13
2.6. Podubica (<i>Teucrium chamaedrys</i> L.).....	15
3. CILJ ISTRAŽIVANJA.....	18
4. HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA	19
5. MATERIJAL I METODE RADA	20
5.1. Ispitivanje uticaja svjetla i biljnih regulatora rasta na multiplikaciju izdanaka....	23
5.2. Ispitivanje uticaja svjetla i biljnih regulatora rasta na <i>in vitro</i> ukorjenjavanje	24
5.3. Aklimatizacija i stopa preživljavanja biljaka.....	25
5.4. Dizajn eksperimenta i biometrička analiza	26
6. REZULTATI ISTRAŽIVANJA	27
6.1. Lavanda (<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.).....	27
6.1.1. Faza multiplikacije	27
6.1.2. Faza <i>in vitro</i> ukorjenjavanja	39
6.1.3. Aklimatizacija i stopa preživljavanja biljaka u <i>ex vitro</i> uslovima.....	47
6.2. Ruzmarin (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.)	50
6.2.1. Faza multiplikacije	50
6.2.2. Faza <i>in vitro</i> ukorjenjavanja	62
6.2.3. Aklimatizacija i stopa preživljavanja biljaka u <i>ex vitro</i> uslovima.....	70
6.3. Podubica (<i>Teucrium chamaedrys</i> L.).....	73
6.3.1. Faza multiplikacije	73
6.3.2. Faza <i>in vitro</i> ukorjenjavanja	85
6.3.3. Aklimatizacija i stopa preživljavanja biljaka u <i>ex vitro</i> uslovima.....	93
7. DISKUSIJA	96
7.1. Lavanda (<i>Lavandula angustifolia</i> L.)	96
7.2. Ruzmarin (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.)	99
7.3. Podubica (<i>Teucrium chamaedrys</i> L.).....	102
8. ZAKLJUČCI	105

9. LITERATURA	108
PRILOG 1 - Rezultati višestrukih poređenja tretmana sa testom značajnih razlika	122
P1.1. Lavanda (<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.).....	122
P1.2. Ruzmarin (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.)	129
P1.3. Podubica (<i>Teucrium chamaedrys</i> L.).....	138
PRILOG 2 – Tipične fotografije eksplantata iz eksperimenta.....	147
P2.1. Lavanda (<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.).....	147
P2.2. Ruzmarin (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.)	155
P2.3. Podubica (<i>Teucrium chamaedrys</i> L.).....	163

SPISAK TABELA U DISERTACIJI

Tabela 5.1. Sastav i koncentracija osnovnih sastojaka korištenih za pripremanje MS hranljive podloge.....	21
Tabela 5.2. Podaci o korištenim izvorima svjetlosti	22
Tabela 5.3. Kombinacije biljnih regulatora rasta primjenjene u fazi multiplikacije. MS označava MS hranljivu podlogu bez dodatih citokinina, MB označava MS hranljivu podlogu sa dodatim 6-BAP, a MT označava MS hranljivu podlogu sa dodatim mT-om.	23
Tabela 5.4. Kombinacije biljnih regulatora rasta primjenjene u fazi <i>in vitro</i> ukorjenjavanja. MKB označava MS hranljivu podlogu sa dodatim 6-BAP, a MKM označava MS hranljivu podlogu sa dodatim mT-om.....	24
Tabela 6.1. Prosječna svježa masa eksplantata lavande (<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.) uzgajanih pod različitim izvorima svjetlosti i u MS podlozi sa različitim koncentracijama biljnih regulatora rasta, nakon 6 sedmica uzgoja sa rezultatima dvofaktorijske analize varijanse.....	27
Tabela 6.2. Prosječna suva masa eksplantata lavande (<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.) uzgajanih pod različitim izvorima svjetlosti i u MS podlozi sa različitim koncentracijama biljnih regulatora rasta, nakon 6 sedmica uzgoja sa rezultatima dvofaktorijske analize varijanse.....	30
Tabela 6.3. Prosječan broj novih izdanaka na eksplantatima lavande (<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.) uzgajanim pod različitim izvorima svjetlosti i u MS podlozi sa različitim koncentracijama biljnih regulatora rasta, nakon 6 sedmica uzgoja sa rezultatima dvofaktorijske analize varijanse.	32
Tabela 6.4. Prosječna dužina izdanaka na eksplantatima lavande (<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.) uzgajanim pod različitim izvorima svjetlosti i u MS podlozi sa različitim koncentracijama biljnih regulatora rasta, nakon 6 sedmica uzgoja sa rezultatima dvofaktorijske analize varijanse.	35
Tabela 6.5. Prosječan broj nodusa na izdancima eksplantata lavande (<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.) uzgajanim pod različitim izvorima svjetlosti i u MS podlozi sa različitim koncentracijama biljnih regulatora rasta, nakon 6 sedmica uzgoja sa rezultatima dvofaktorijske analize varijanse.	37
Tabela 6.6. Procenat <i>in vitro</i> ukorjenjavanja eksplantata lavande (<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.) uzgajanih pod različitim izvorima svjetlosti i u MS podlozi sa različitim koncentracijama biljnih regulatora rasta, nakon 6 sedmica uzgoja. U tabeli su prikazani i rezultati ART analize varijanse.	40
Tabela 6.7. Prosječan broj korjenova na ukorijenjenim eksplantatima lavande (<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.) uzgajanim pod različitim izvorima svjetlosti i u MS podlozi sa različitim koncentracijama biljnih regulatora rasta, nakon 6 sedmica uzgoja. U tabeli su prikazani i rezultati ART analize varijanse.	42
Tabela 6.8. Prosječna dužina korijena na ukorijenjenim eksplantatima lavande (<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.) uzgajanim pod različitim izvorima svjetlosti i u MS podlozi sa različitim koncentracijama biljnih regulatora rasta, nakon 6 sedmica uzgoja. U tabeli su prikazani i rezultati ART analize varijanse.	45
Tabela 6.9. Prosječna stopa preživljavanja ukorijenjenih biljaka lavande (<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.) nakon dvije sedmice aklimatizacije, a u zavisnosti od tretmana svjetlom i biljnim regulatorima rasta u procesu <i>in vitro</i> ukorjenjavanja. U tabeli su prikazani i rezultati ART analize varijanse.....	48
Tabela 6.10. Prosječna svježa masa eksplantata ruzmarina (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.) uzgajanih pod različitim izvorima svjetlosti i u MS podlozi sa različitim koncentracijama biljnih regulatora rasta, nakon 6 sedmica uzgoja sa rezultatima dvofaktorijske analize varijanse.....	50

Tabela 6.11. Prosječna suva masa eksplantata ruzmarina (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.) uzgajanih pod različitim izvorima svjetlosti i u MS podlozi sa različitim koncentracijama biljnih regulatora rasta, nakon 6 sedmica uzgoja sa rezultatima dvofaktorijalne analize varijanse.....	53
Tabela 6.12. Prosječan broj novih izdanaka na eksplantatima ruzmarina (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.) uzgajanim pod različitim izvorima svjetlosti i u MS podlozi sa različitim koncentracijama biljnih regulatora rasta, nakon 6 sedmica uzgoja sa rezultatima dvofaktorijalne analize varijanse.	55
Tabela 6.13. Prosječna dužina izdanaka na eksplantatima ruzmarina (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.) uzgajanim pod različitim izvorima svjetlosti i u MS podlozi sa različitim koncentracijama biljnih regulatora rasta, nakon 6 sedmica uzgoja sa rezultatima dvofaktorijalne analize varijanse.	58
Tabela 6.14. Prosječan broj nodusa na izdancima eksplantata ruzmarina (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.) uzgajanim pod različitim izvorima svjetlosti i u MS podlozi sa različitim koncentracijama biljnih regulatora rasta, nakon 6 sedmica uzgoja sa rezultatima dvofaktorijalne analize varijanse.	60
Tabela 6.15. Procenat <i>in vitro</i> ukorjenjavanja eksplantata ruzmarina (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.) uzgajanih pod različitim izvorima svjetlosti i u MS podlozi sa različitim koncentracijama biljnih regulatora rasta, nakon 6 sedmica uzgoja sa rezultatima dvofaktorijalne analize varijanse.	63
Tabela 6.16. Prosječan broj korjenova na ukorijenjenim eksplantatima ruzmarina (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.) uzgajanim pod različitim izvorima svjetlosti i u MS podlozi sa različitim koncentracijama biljnih regulatora rasta, nakon 6 sedmica uzgoja sa rezultatima dvofaktorijalne analize varijanse.	65
Tabela 6.17. Prosječna dužina korijena na ukorijenjenim eksplantatima ruzmarina (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.) uzgajanim pod različitim izvorima svjetlosti i u MS podlozi sa različitim koncentracijama biljnih regulatora rasta, nakon 6 sedmica uzgoja sa rezultatima dvofaktorijalne analize varijanse.	68
Tabela 6.18. Prosječna stopa preživljavanja ukorijenjenih biljaka ruzmarina (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.) nakon dvije sedmice aklimatizacije, a u zavisnosti od tretmana svjetlom i biljnim regulatorima rasta u procesu <i>in vitro</i> ukorjenjavanja. U tabeli su prikazani i rezultati ART analize varijanse.....	70
Tabela 6.19. Prosječna svježa masa eksplantata podubice (<i>Teucrium chamaedrys</i> L.) uzgajanih pod različitim izvorima svjetlosti i u MS podlozi sa različitim koncentracijama biljnih regulatora rasta, nakon 6 sedmica uzgoja, sa rezultatima dvofaktorijalne analize varijanse.....	73
Tabela 6.20. Prosječna suva masa eksplantata podubice (<i>Teucrium chamaedrys</i> L.) uzgajanih pod različitim izvorima svjetlosti i u MS podlozi sa različitim koncentracijama biljnih regulatora rasta, nakon 6 sedmica uzgoja, sa rezultatima dvofaktorijalne analize varijanse.....	76
Tabela 6.21. Prosječan broj novih izdanaka na eksplantatima podubice (<i>Teucrium chamaedrys</i> L.) uzgajanim pod različitim izvorima svjetlosti i u MS podlozi sa različitim koncentracijama biljnih regulatora rasta, nakon 6 sedmica uzgoja, sa rezultatima dvofaktorijalne analize varijanse.	78
Tabela 6.22. Prosječna dužina izdanaka na eksplantatima podubice (<i>Teucrium chamaedrys</i> L.) uzgajanim pod različitim izvorima svjetlosti i u MS podlozi sa različitim koncentracijama biljnih regulatora rasta, nakon 6 sedmica uzgoja, sa rezultatima dvofaktorijalne analize varijanse.	81
Tabela 6.23. Prosječan broj nodusa na izdancima eksplantata podubice (<i>Teucrium chamaedrys</i> L.) uzgajanim pod različitim izvorima svjetlosti i u MS podlozi sa različitim koncentracijama biljnih regulatora rasta, nakon 6 sedmica uzgoja sa rezultatima dvofaktorijalne analize varijanse.	83
Tabela 6.24. Procenat <i>in vitro</i> ukorjenjavanja eksplantata podubice (<i>Teucrium chamaedrys</i> L.) uzgajanih pod različitim izvorima svjetlosti i u MS podlozi sa različitim koncentracijama biljnih regulatora rasta, nakon 6 sedmica uzgoja sa rezultatima dvofaktorijalne analize varijanse.	86

Tabela 6.25. Prosječan broj korjenova na ukorijenjenim eksplantatima podubice (<i>Teucrium chamaedrys</i> L.) uzgajanim pod različitim izvorima svjetlosti i u MS podlozi sa različitim koncentracijama biljnih regulatora rasta, nakon 6 sedmica uzgoja sa rezultatima dvofaktorijske analize varijanse.	88
Tabela 6.26. Prosječna dužina korijena na ukorijenjenim eksplantatima podubice (<i>Teucrium chamaedrys</i> L.) uzgajanim pod različitim izvorima svjetlosti i u MS podlozi sa različitim koncentracijama biljnih regulatora rasta, nakon 6 sedmica uzgoja sa rezultatima dvofaktorijske analize varijanse.	91
Tabela 6.27. Prosječna stopa preživljavanja ukorijenjenih biljaka podubice (<i>Teucrium chamaedrys</i> L.) nakon dvije sedmice aklimatizacije, a u zavisnosti od tretmana svjetlom i biljnim regulatorima rasta u procesu <i>in vitro</i> ukorjenjavanja. U tabeli su prikazani i rezultati ART analize varijanse.	93
Tabela P1.1.1. Rezultati višestrukih poređenja tretmana prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za prosječnu svježu masu eksplantata lavande (<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.).....	122
Tabela P1.1.2. Rezultati višestrukih poređenja tretmana prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za prosječnu suhu masu eksplantata lavande (<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.).....	123
Tabela P1.1.3. Rezultati višestrukih poređenja tretmana prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za prosječan broj novih izdanaka na eksplantatima lavande (<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.).....	124
Tabela P1.1.4. Rezultati višestrukih poređenja tretmana prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za prosječnu dužinu izdanaka na eksplantatima lavande (<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.).....	125
Tabela P1.1.5. Rezultati višestrukih poređenja tretmana prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za prosječan broj nodusa na eksplantatima lavande (<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.).....	126
Tabela P1.1.6. Rezultati višestrukih poređenja izvora svjetlosti prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za procenat <i>in vitro</i> ukorjenjavanja eksplantata lavande (<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.).....	127
Tabela P1.1.7. Rezultati višestrukih poređenja biljnih regulatora rasta prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za procenat <i>in vitro</i> ukorjenjavanja eksplantata lavande (<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.).....	127
Tabela P1.1.8. Rezultati višestrukih poređenja izvora svjetlosti prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za prosječan broj korjenova na ukorijenjenim eksplantatima lavande (<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.).....	127
Tabela P1.1.9. Rezultati višestrukih poređenja biljnih regulatora rasta prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za prosječan broj korjenova na ukorijenjenim eksplantatima lavande (<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.).....	127
Tabela P1.1.10. Rezultati višestrukih poređenja izvora svjetlosti prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za prosječnu dužinu korijena na ukorijenjenim eksplantatima lavande (<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.).....	128
Tabela P1.1.11. Rezultati višestrukih poređenja biljnih regulatora rasta prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za prosječnu dužinu korijena na ukorijenjenim eksplantatima lavande (<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.).....	128
Tabela P1.1.12. Rezultati višestrukih poređenja izvora svjetlosti prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za stopu preživljavanja ukorijenjenih eksplantata lavande (<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.) u <i>ex vitro</i> uslovima.	128

Tabela P1.1.13. Rezultati višestrukih poređenja biljnih regulatora rasta prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za stopu preživljavanja ukorijenjenih eksplantata lavande (<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.) u <i>ex vitro</i> uslovima.	128
Tabela P1.2.1. Rezultati višestrukih poređenja tretmana prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za prosječnu svježu masu eksplantata ruzmarina (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.).	129
Tabela P1.2.2. Rezultati višestrukih poređenja tretmana prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za prosječnu suhu masu eksplantata ruzmarina (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.).	130
Tabela P1.2.3. Rezultati višestrukih poređenja tretmana prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za prosječan broj novih izdanaka na eksplantatima ruzmarina (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.).	131
Tabela P1.2.4. Rezultati višestrukih poređenja tretmana prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za prosječnu dužinu izdanaka na eksplantatima ruzmarina (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.).	132
Tabela P1.2.5. Rezultati višestrukih poređenja tretmana prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za prosječan broj nodusa na eksplantatima ruzmarina (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.).	133
Tabela P1.2.6. Rezultati višestrukih poređenja izvora svjetlosti prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za procenat <i>in vitro</i> ukorjenjavanja eksplantata ruzmarina (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.).	134
Tabela P1.2.7. Rezultati višestrukih poređenja biljnih regulatora rasta prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za procenat <i>in vitro</i> ukorjenjavanja eksplantata ruzmarina (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.).	134
Tabela P1.2.8. Rezultati višestrukih poređenja tretmana prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za prosječan broj korjenova na ukorijenjenim eksplantatima ruzmarina (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.).	135
Tabela P1.2.9. Rezultati višestrukih poređenja tretmana prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za prosječnu dužinu korijena na ukorijenjenim eksplantatima ruzmarina (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.).	136
Tabela P1.2.10. Rezultati višestrukih poređenja tretmana prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za prosječnu stopu preživljavanja ukorijenjenih biljaka ruzmarina (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.).	137
Tabela P1.3.1. Rezultati višestrukih poređenja tretmana prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za prosječnu svježu masu eksplantata podubice (<i>Teucrium chamaedrys</i> L.).	138
Tabela P1.3.2. Rezultati višestrukih poređenja tretmana prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za prosječnu suhu masu eksplantata podubice (<i>Teucrium chamaedrys</i> L.).	139
Tabela P1.3.3. Rezultati višestrukih poređenja tretmana prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za prosječan broj novih izdanaka na eksplantatima podubice (<i>Teucrium chamaedrys</i> L.).	140
Tabela P1.3.4. Rezultati višestrukih poređenja tretmana prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za prosječnu dužinu izdanaka na eksplantatima podubice (<i>Teucrium chamaedrys</i> L.).	141
Tabela P1.3.5. Rezultati višestrukih poređenja tretmana prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za prosječan broj nodusa na eksplantatima podubice (<i>Teucrium chamaedrys</i> L.).	142
Tabela P1.3.6. Rezultati višestrukih poređenja izvora svjetlosti prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za procenat <i>in vitro</i> ukorjenjavanja eksplantata podubice (<i>Teucrium chamaedrys</i> L.).	143
Tabela P1.3.7. Rezultati višestrukih poređenja biljnih regulatora rasta prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za procenat <i>in vitro</i> ukorjenjavanja eksplantata podubice (<i>Teucrium chamaedrys</i> L.).	143

Tabela P1.3.8. Rezultati višestrukih poređenja tretmana prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za prosječan broj korjenova na ukorijenjenim eksplantatima podubice (*Teucrium chamaedrys* L.)..... 144

Tabela P1.3.9. Rezultati višestrukih poređenja tretmana prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za prosječnu dužinu korijena na ukorijenjenim eksplantatima podubice (*Teucrium chamaedrys* L.)..... 145

Tabela P1.3.10. Rezultati višestrukih poređenja tretmana prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za prosječnu stopu preživljavanja ukorijenjenih biljaka podubice (*Teucrium chamaedrys* L.)..... 146

SPISAK FOTOGRAFIJA I ILUSTRACIJA U DISERTACIJI

Slika 2.1. Šematski prikaz faza mikropropagacije	3
Slika 2.2. Spektar svjetlosti, fotosintetski pigmenti i fotoreceptori uključeni u rast i razvoj biljaka	5
Slika 2.3. Šematski prikaz razlike u strukturi molekule 6-benzilaminopurina i meta-Topolina.	8
Slika 2.4. Habitus i cvasti vrste <i>Lavandula angustifolia</i> Mill. i <i>Lavandula angustifolia</i> 'Ellagance Pink'.....	10
Slika 2.5. Habitus i cvjetovi ruzmarina (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.).....	13
Slika 2.6. Habitus i cvasti podubice (<i>Teucrium chamaedrys</i> L.).....	15
Slika. 5.1. Razvoj <i>in vitro</i> kultura iz sjemena kao početnog materijala za eksperiment (prikazano na primjeru ruzmarina).	20
Slika 5.2. Komore za rast eksplantata sa različitim tipovima LED svjetlosti.	21
Slika 5.3. SpotOn® Quantum PAR Light Meter.....	21
Slika 5.4. Simulirani spektralni sastav pojedinačnih izvora svjetlosti korištenih u eksperimentu, baziran na dostupnim tehničkim podacima.	22
Slika 5.4. Proces fotografisanja i analize kalibrisanih fotografija u softveru Fiji.	22
Slika 5.5. <i>In vitro</i> multiplikacija eksplantata podubice pod različitim izvorima svjetlosti.	23
Slika 5.6. <i>In vitro</i> ukorjenjavanje eksplantata lavande pod različitim izvorima svjetlosti.....	25
Slika 5.7. Proces aklimatizacije biljaka ruzmarina i biljaka podubice u komori za rast u stakleniku, pod uslovima visoke relativne vlažnosti vazduha i prirodnom svjetlošću.	25
Slika P2.1.1. Fotografije eksplantata lavande (<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.) u fazi multiplikacije, uzgajanih pod fluorescentnim svjetlom.....	147
Slika P2.1.2. Fotografije eksplantata lavande (<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.) u fazi multiplikacije, uzgajanih pod kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla.	148
Slika P2.1.3. Fotografije eksplantata lavande (<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.) u fazi multiplikacije, uzgajanih pod crvenim LED svjetlom.....	149
Slika P2.1.4. Fotografije eksplantata lavande (<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.) u fazi multiplikacije, uzgajanih pod plavim LED svjetlom.....	150
Slika P2.1.5. Fotografije eksplantata lavande (<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.) u fazi <i>in vitro</i> ukorjenjavanja, uzgajanih pod fluorescentnim svjetlom.....	151
Slika P2.1.6. Fotografije eksplantata lavande (<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.) u fazi <i>in vitro</i> ukorjenjavanja, uzgajanih pod kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla.....	152
Slika P2.1.7. Fotografije eksplantata lavande (<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.) u fazi <i>in vitro</i> ukorjenjavanja, uzgajanih pod crvenim LED svjetlom.	153
Slika P2.1.8. Fotografije eksplantata lavande (<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.) u fazi <i>in vitro</i> ukorjenjavanja, uzgajanih pod plavim LED svjetlom.	154
Slika P2.2.1. Fotografije eksplantata ruzmarina (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.) u fazi multiplikacije, uzgajanih pod fluorescentnim svjetlom.....	155
Slika P2.2.2. Fotografije eksplantata ruzmarina (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.) u fazi multiplikacije, uzgajanih pod kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla.	156
Slika P2.2.3. Fotografije eksplantata ruzmarina (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.) u fazi multiplikacije, uzgajanih pod crvenim LED svjetlom.....	157
Slika P2.2.4. Fotografije eksplantata ruzmarina (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.) u fazi multiplikacije, uzgajanih pod plavim LED svjetlom.....	158
Slika P2.2.5. Fotografije eksplantata ruzmarina (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.) u fazi <i>in vitro</i> ukorjenjavanja, uzgajanih pod fluorescentnim svjetlom.	159

Slika P2.2.6. Fotografije eksplantata ruzmarina (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.) u fazi <i>in vitro</i> ukorjenjavanja, uzgajanih pod kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla.....	160
Slika P2.2.7. Fotografije eksplantata ruzmarina (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.) u fazi <i>in vitro</i> ukorjenjavanja, uzgajanih pod crvenim LED svjetlom.....	161
Slika P2.2.8. Fotografije eksplantata ruzmarina (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.) u fazi <i>in vitro</i> ukorjenjavanja, uzgajanih pod plavim LED svjetlom.....	162
Slika P2.3.1. Fotografije eksplantata podubice (<i>Teucrium chamaedrys</i> L.) u fazi multiplikacije, uzgajanih pod fluorescentnim svjetlom.....	163
Slika P2.3.2. Fotografije eksplantata podubice (<i>Teucrium chamaedrys</i> L.) u fazi multiplikacije, uzgajanih pod kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla.	164
Slika P2.3.3. Fotografije eksplantata podubice (<i>Teucrium chamaedrys</i> L.) u fazi multiplikacije, uzgajanih pod crvenim LED svjetlom.....	165
Slika P2.3.4. Fotografije eksplantata podubice (<i>Teucrium chamaedrys</i> L.) u fazi multiplikacije, uzgajanih pod plavim LED svjetlom.....	166
Slika P2.3.5. Fotografije eksplantata podubice (<i>Teucrium chamaedrys</i> L.) u fazi <i>in vitro</i> ukorjenjavanja, uzgajanih pod fluorescentnim svjetlom.....	167
Slika P2.3.6. Fotografije eksplantata podubice (<i>Teucrium chamaedrys</i> L.) u fazi <i>in vitro</i> ukorjenjavanja, uzgajanih pod kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla.....	168
Slika P2.3.7. Fotografije eksplantata podubice (<i>Teucrium chamaedrys</i> L.) u fazi <i>in vitro</i> ukorjenjavanja, uzgajanih pod crvenim LED svjetlom.....	169
Slika P2.3.8. Fotografije eksplantata podubice (<i>Teucrium chamaedrys</i> L.) u fazi <i>in vitro</i> ukorjenjavanja, uzgajanih pod plavim LED svjetlom.....	170

SPISAK GRAFIKONA U DISERTACIJI

Grafikon 6.1. Uticaj interakcije svjetlosti i biljnih regulatora rasta na prosječnu svježu masu eksplantata lavande (<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.).....	28
Grafikon 6.2. Uticaj interakcije svjetlosti i biljnih regulatora rasta na prosječnu suhu masu eksplantata lavande (<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.).....	31
Grafikon 6.3. Uticaj interakcije svjetlosti i biljnih regulatora rasta na prosječan broj novih izdanaka na eksplantatima lavande (<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.).....	33
Grafikon 6.4. Uticaj interakcije svjetlosti i biljnih regulatora rasta na prosječnu dužinu izdanaka na eksplantatima lavande (<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.).....	36
Grafikon 6.5. Uticaj interakcije svjetlosti i biljnih regulatora rasta na prosječan broj nodusa na izdancima eksplantata lavande (<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.).....	38
Grafikon 6.6. Uticaj svjetlosti na procenat <i>in vitro</i> ukorjenjavanja eksplantata lavande (<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.) analiziran na osnovu procijenjenih vrijednosti dobijenih primjenom ART modela.	41
Grafikon 6.7. Uticaj biljnih regulatora rasta na procenat <i>in vitro</i> ukorjenjavanja eksplantata lavande (<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.) analiziran na osnovu procijenjenih vrijednosti dobijenih primjenom ART modela.	41
Grafikon 6.8. Uticaj svjetlosti na prosječan broj korjenova na ukorijenjenim eksplantatima lavande (<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.) analiziran na osnovu procijenjenih vrijednosti dobijenih primjenom ART modela.	43
Grafikon 6.9. Uticaj biljnih regulatora rasta na prosječan broj korjenova na ukorijenjenim eksplantatima lavande (<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.) analiziran na osnovu procijenjenih vrijednosti dobijenih primjenom ART modela.	44
Grafikon 6.10. Uticaj svjetlosti na prosječnu dužinu korijena na ukorijenjenim eksplantatima lavande (<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.) analiziran na osnovu procijenjenih vrijednosti dobijenih primjenom ART modela.	46
Grafikon 6.11. Uticaj biljnih regulatora rasta na prosječnu dužinu korijena na ukorijenjenim eksplantatima lavande (<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.) analiziran na osnovu procijenjenih vrijednosti dobijenih primjenom ART modela.....	46
Grafikon 6.12. Uticaj svjetlosti na prosječnu stopu preživljavanja ukorijenjenih biljaka lavande (<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.) nakon dvije sedmice aklimatizacije, analiziran na osnovu procijenjenih vrijednosti dobijenih primjenom ART modela.	49
Grafikon 6.13. Uticaj biljnih regulatora rasta na prosječnu stopu preživljavanja ukorijenjenih biljaka lavande (<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.) nakon dvije sedmice aklimatizacije, analiziran na osnovu procijenjenih vrijednosti dobijenih primjenom ART modela.	49
Grafikon 6.14. Uticaj interakcije svjetlosti i biljnih regulatora rasta na prosječnu svježu masu eksplantata ruzmarina (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.).....	51
Grafikon 6.15. Uticaj interakcije svjetlosti i biljnih regulatora rasta na prosječnu suhu masu eksplantata ruzmarina (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.).....	54
Grafikon 6.16. Uticaj interakcije svjetlosti i biljnih regulatora rasta na prosječan broj novih izdanaka na eksplantatima ruzmarina (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.).....	56
Grafikon 6.17. Uticaj interakcije svjetlosti i biljnih regulatora rasta na prosječnu dužinu izdanaka na eksplantatima ruzmarina (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.).	59
Grafikon 6.18. Uticaj interakcije svjetlosti i biljnih regulatora rasta na prosječan broj nodusa na izdancima eksplantata ruzmarina (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.).	61
Grafikon 6.19. Uticaj svjetlosti na procenat <i>in vitro</i> ukorjenjavanja eksplantata ruzmarina (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.).....	64
Grafikon 6.20. Uticaj biljnih regulatora rasta na procenat <i>in vitro</i> ukorjenjavanja eksplantata ruzmarina (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.).	64

Grafikon 6.21. Uticaj interakcije svjetlosti i biljnih regulatora rasta na prosječan broj korjenova na ukorijenjenim eksplantatima ruzmarina (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.).	66
Grafikon 6.22. Uticaj interakcije svjetlosti i biljnih regulatora rasta na prosječnu dužinu korijena na ukorijenjenim eksplantatima ruzmarina (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.).	69
Grafikon 6.23. Procijenjene prosječne stope preživljavanja ukorijenjenih biljaka ruzmarina (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.) nakon dvije sedmice aklimatizacije, dobijene na osnovu ART modela, u zavisnosti od tretmana svjetlom i biljnim regulatorima rasta tokom <i>in vitro</i> ukorjenjavanja.	71
Grafikon 6.24. Uticaj interakcije svjetlosti i biljnih regulatora rasta na prosječnu svježu masu eksplantata podubice (<i>Teucrium chamaedrys</i> L.).	74
Grafikon 6.25. Uticaj interakcije svjetlosti i biljnih regulatora rasta na prosječnu suhu masu eksplantata podubice (<i>Teucrium chamaedrys</i> L.).	77
Grafikon 6.26. Uticaj interakcije svjetlosti i biljnih regulatora rasta na prosječan broj novih izdanaka na eksplantatima podubice (<i>Teucrium chamaedrys</i> L.).	79
Grafikon 6.27. Uticaj interakcije svjetlosti i biljnih regulatora rasta na prosječnu dužinu izdanaka na eksplantatima podubice (<i>Teucrium chamaedrys</i> L.).	82
Grafikon 6.28. Uticaj interakcije svjetlosti i biljnih regulatora rasta na prosječan broj nodusa na izdancima eksplantata podubice (<i>Teucrium chamaedrys</i> L.).	84
Grafikon 6.29. Uticaj svjetlosti na procenat <i>in vitro</i> ukorjenjavanja eksplantata podubice (<i>Teucrium chamaedrys</i> L.).	87
Grafikon 6.30. Uticaj biljnih regulatora rasta na procenat <i>in vitro</i> ukorjenjavanja eksplantata podubice (<i>Teucrium chamaedrys</i> L.).	87
Grafikon 6.31. Uticaj interakcije svjetlosti i biljnih regulatora rasta na prosječan broj korjenova na ukorijenjenim eksplantatima podubice (<i>Teucrium chamaedrys</i> L.).	89
Grafikon 6.32. Uticaj interakcije svjetlosti i biljnih regulatora rasta na prosječnu dužinu korijena na ukorijenjenim eksplantatima podubice (<i>Teucrium chamaedrys</i> L.).	92
Grafikon 6.33. Procijenjene prosječne stope preživljavanja ukorijenjenih biljaka podubice (<i>Teucrium chamaedrys</i> L.) nakon dvije sedmice aklimatizacije, dobijene na osnovu ART modela, u zavisnosti od tretmana svjetlom i biljnim regulatorima rasta tokom <i>in vitro</i> ukorjenjavanja.	94

1. UVOD

Vrste iz porodice Lamiaceae prepoznatljive su po svojim ljekovitim, aromatičnim i ukrasnim svojstvima, te imaju široku primjenu u farmaceutskoj, kozmetičkoj, hemijskoj i prehrambenoj industriji. Uprkos njihovom značaju, proizvodnja ovih vrsta u Republici Srpskoj i Bosni i Hercegovini najčešće ima ekstenzivan karakter i zasniva se na sopstvenoj reprodukciji od strane proizvođača, što često dovodi do proizvodnje sadnog materijala nestabilnog kvaliteta i ograničenog regenerativnog potencijala.

U tom kontekstu, kultura biljnih ćelija i tkiva, odnosno *in vitro* kultura, predstavlja nezamjenljiv alat biljne biotehnologije i osnovu savremene proizvodnje zdravog, kvalitetnog i genetski stabilnog sadnog materijala hortikulturnih i ljekovitih biljaka. Ova tehnologija omogućava masovnu proizvodnju u kontrolisanim uslovima, uz minimalnu potrošnju resursa poput zemljišta, vode i energije, te omogućava nezavisnost od sezonskih ograničenja i agroklimatskih uslova. Zbog toga se sve češće koristi za proizvodnju baznog i predosnovnog sadnog materijala u komercijalnim sistemima.

Efikasnost mikropropagacije zavisi od više faktora, među kojima se kao ključni izdvajaju sastav hranljive podloge, tip i koncentracija biljnih regulatora rasta, kao i uslovi osvjetljenja. Iako su efekti pojedinačnih faktora kao što su citokinini i auksini, te različiti izvori svjetlosti, dobro istraženi, njihova međusobna interakcija još uvijek nije dovoljno razjašnjena, posebno kod vrsta sa izraženim komercijalnim potencijalom, poput lavande (*Lavandula angustifolia* Mill.), ruzmarina (*Rosmarinus officinalis* L.) i podubice (*Teucrium chamaedrys* L.).

Svjetlost, osim uloge u fotosintezi, ima i regulatornu funkciju u brojnim fotomorfogenetskim procesima, dok biljni hormoni, posebno citokinini i auksini, kontrolišu rast, podjelu i diferencijaciju ćelija. Njihovo kombinovano djelovanje može imati odlučujući uticaj na uspješnost svih faza *in vitro* kulture – od inicijacije i proliferacije izdanaka, do ukorjenjavanja i aklimatizacije biljaka. Posebnu pažnju u novijim istraživanjima dobija primjena LED tehnologije u osvjetljavanju, kao i savremenih biljnih regulatora rasta, što otvara mogućnosti za dalju optimizaciju protokola za mikropropagaciju i njihovu širu primjenu u proizvodnji sadnog materijala.

2. PREGLED LITERATURE

2.1. *In vitro* kultura biljnih tkiva i ćelija

In vitro kultura biljnih tkiva i ćelija (mikropropagacija) predstavlja nezamjenjivu tehniku biljne reprodukcije i proizvodnje u poljoprivredi i hortikulturi, jer omogućava brzu klonsku propagaciju pod sterilnim i kontrolisanim uslovima. Ova metoda omogućava masovnu proizvodnju genetski uniformnog i zdravog sadnog materijala iz male količine početnog uzorka, što doprinosi ujednačenom kvalitetu krajnjeg proizvoda (Espinosa-Leal i sar., 2018; Abdalla i sar., 2022). *In vitro* tehnike takođe omogućavaju kontinuiranu proizvodnju tokom cijele godine, nezavisno od vegetacione sezone i agroklimatskih uslova, pri čemu zahtijevaju relativno malo prostora u poređenju sa klasičnom rasadničkom proizvodnjom. Pored klonskog umnožavanja, *in vitro* kultura biljnih tkiva i ćelija ima i brojne druge primjene, uključujući čuvanje germplazme, genetičke transformacije i proizvodnju sekundarnih metabolita, što je od posebnog značaja kod ljekovitih biljaka.

Međutim, uprkos brojnim prednostima, mikropropagacija ima i određene nedostatke i izazove koji ograničavaju njenu široku primjenu u svim uslovima proizvodnje. Jedan od najčešćih izazova sa kojim se proizvođači suočavaju pri pokušaju uvođenja mikropropagacije u komercijalnu praksu, bez obzira na tehnološki i tehnički napredak, jeste izuzetno visok trošak inicijalnih ulaganja u prostor, specijalizovanu opremu i visokokvalifikovanu radnu snagu (Cardoso i sar., 2018). Dodatno, mikrobiološka kontaminacija prilikom rada sa biljnim materijalom može značajno usporiti ili potpuno onemogućiti proces proizvodnje, što utiče na povećanje ukupnih troškova. Takođe, veći broj podkultivacija u procesu mikropropagacije može dovesti do pojave somaklonalnih varijacija – nenamjernih genetskih mutacija u klonskom materijalu, za koje se pretpostavlja da nastaju kao epigenetske modifikacije koje su programirane da obezbijede plastičnost *in vitro* biljkama u neprirodnim uslovima (Cirilli i sar., 2017). Takve varijacije narušavaju genetičku uniformnost i dovode do akumulacije grešaka u genetičkoj strukturi klonova, čime se smanjuje efikasnost i pouzdanost ovog procesa (Ioannidis i sar., 2022).

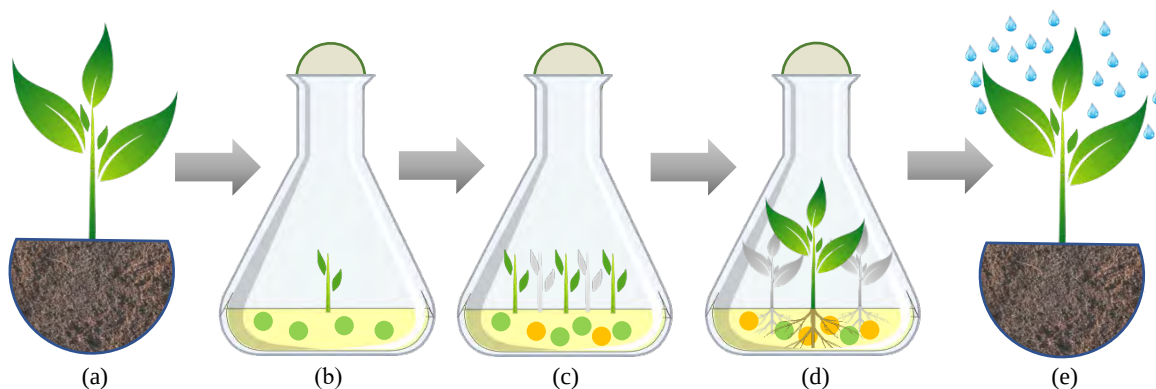
U procesu mikropropagacije često se javljaju različite fiziološke i razvojne abnormalnosti na biljnom materijalu, kao što su vitifikacija (staklavost) tkiva i slab razvoj korjenovog sistema. Ove pojave mogu značajno uticati na sposobnost biljaka da prežive stres prilikom prenosa iz *in vitro* u *ex vitro* uslove, što nerijetko dovodi do propadanja sadnica.

Ukratko, iako *in vitro* razmnožavanje pruža brojne prednosti za proizvodnju ujednačenog i zdravog sadnog materijala, istovremeno zahtijeva pažljivo upravljanje

rizicima – uključujući mikrobiološku kontaminaciju, gubitak genetičke stabilnosti i pojavu fenotipskih nepravilnosti – kako bi se postigla uspješna i održiva primjena u komercijalnom obimu.

Proces mikropropagacije tipično se sastoji od nekoliko jasno definisanih faza (George i sar., 2007) (Slika 2.1.):

- *Faza 0: pripremna faza* – obuhvata izbor matične biljke, odnosno biljke donora i/ili početnog materijala za uvođenje u *in vitro* kulturu;
- *Faza 1: inicijacija* – podrazumijeva uspješno uvođenje eksplantata u *in vitro* uslove, tj. u sterilnu kulturu;
- *Faza 2: multiplikacija* – odnosi se na intenzivno umnožavanje biljnog materijala u cilju dobijanja što većeg broja eksplantata;
- *Faza 3: in vitro ukorjenjavanje* – predstavlja pripremu umnoženih biljaka za prenos u *ex vitro* uslove kroz stimulaciju formiranja funkcionalnog korjenovog sistema; i
- *Faza 4: aklimatizacija* – završni korak u kom se biljke prilagođavaju spoljnim uslovima i razvijaju sposobnost samostalnog rasta i normalnog funkcionisanja van hranljive podloge i uzgojnih posuda.



Slika 2.1. Šematski prikaz faza mikropropagacije: (a) faza 0 – pripremna faza; (b) faza 1 – inicijacija; (c) faza 2 – multiplikacija; (d) faza 3 – *in vitro* ukorjenjavanje; (e) faza 4 – aklimatizacija.

Svaka od navedenih faza zahtijeva pažljivu optimizaciju i nadzor kako bi se obezbijedila efikasnost i održivost mikropropagacionog protokola za određenu biljnu vrstu. Ovakav postupni pristup omogućava sistematsko zadovoljavanje fizioloških potreba biljaka – od inicijalnog uvođenja u *in vitro* uslove do uspješnog preživljavanja i daljeg rasta u *ex vitro* sredini.

Od početka 21. vijeka, brojne tehnološke inovacije i metodološka unapređenja značajno su doprinijela razvoju i efikasnosti procesa mikropropagacije. Istraživači iz naučne

i industrijske zajednice usmjerili su svoje napore ka tome da mikropropagaciju učine efikasnijom, isplativijom i održivijom za masovnu proizvodnju visokokvalitetnog sadnog materijala. Ovaj napredak ogleda se u primjeni savremenih sistema i pristupa, uključujući (Cardoso i sar., 2018; Carvalho i sar., 2019; Cioć i sar., 2021; Vardanyan i sar., 2025):

- alternativne izvore svjetlosti, prije svega LED tehnologiju;
- alternativne biljne regulatore rasta i biostimulatore, uključujući meta-topolin, poliamine, melatonin, salicilnu kiselinu, nanočestice i dr.;
- različita proizvodna rješenja, poput bioreaktora, sistema za privremeno uranjanje [eng. *temporary immersion systems*] i sistema za hidroponski uzgoj;
- tehnike kontrole kvaliteta *in vitro* klonova primjenom molekularnih markera kao što su RAPD (*Random Amplified Polymorphic DNA*), ISSR (*Inter Simple Sequence Repeat*) i SSR (*Simple Sequence Repeat*);
- automatizaciju procesa, koja obuhvata robotizaciju određenih faza uzgoja, primjenu senzora i primjenu kontrolnih sistema.

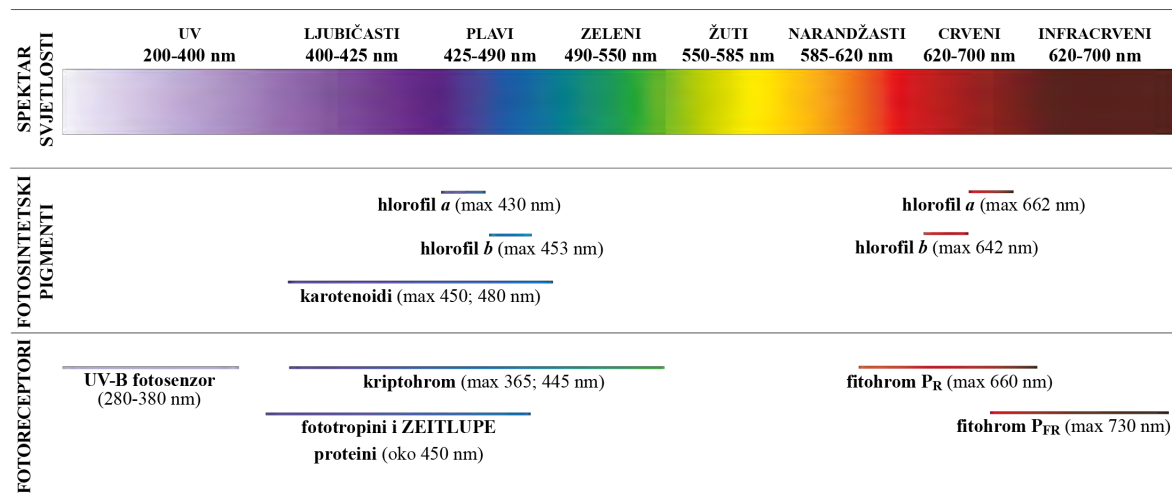
Uspješnost procesa mikropropagacije zavisi od pažljivo odabrane kombinacije sastava hranljive podloge, biljnih regulatora rasta, spektralnog sastava i intenziteta svjetlosti, fotoperioda, temperature, uzgojne posude i drugih faktora sredine, koji su vrlo često specifični za pojedine vrste ili kultivare (Bello-Bello i sar., 2017).

2.2.Svjetlost kao faktor rasta i razvoja biljaka u *in vitro* kulturi

Biljke svjetlost apsorbiraju preko sistema pigmenata (fotoreceptora) koji izazivaju aktiviranje pojedinih gena i specifičan odgovor u vidu promjena u rastu i razvoju (Teiz i Zeiger, 2002). Spektralni sastav, intenzitet svjetlosti i fotoperiod se ubrajaju u najvažnije faktore koji utiču na rast i razvoj biljaka u *in vitro* uslovima, regulišući fotomorfogenezu, fotosintezu i proizvodnju sekundarnih metabolita (Batista i sar., 2018; Kulus i Woźny, 2020; Gnasekaran i sar., 2021).

U tzv. zatvorenim proizvodnim sistemima, kakav je i *in vitro* kultura, izvor svjetlosti su vještačka rasvjetna tijela, od kojih se najčešće koriste izvori „bije“ svjetlosti, odnosno svjetlosti širokog spektra. Fluorescentne svjetiljke se tradicionalno koriste kao glavni izvori svjetlosti u mikropropagaciji zbog svog širokog spektra i uniformnog intenziteta (Barceló-Muñoz i sar., 2021). Međutim, ovaj tip svjetiljki emituje svjetlost koju biljke uglavnom ne mogu efikasno iskoristiti za rast i razvoj (Slika 2.2.), dok se pritom značajan dio energije rasipa u vidu toplote (Dutta Gupta i Agarwal, 2017). Pronalaženje LED svjetiljki donijelo je

energetski efikasniji i dugotrajniji izvor svjetlosti, koji emituje talasne dužine i gustinu toka fotona prilagođene fotoreceptorima i fotosintetskim pigmentima uzgajane kulture (Cioć i sar., 2019; Nacheva i sar., 2022). Ovo značajno poboljšava iskorištenost električne energije u procesu stvaranja nove biomase.



Slika 2.2. Spektar svjetlosti, fotosintetski pigmenti i fotoreceptori uključeni u rast i razvoj biljaka (prilagođeno prema Viršilė i sar. [2017]).

Nadalje, kvalitet svjetlosti utiče i na efikasnost biljnih regulatora rasta u hranljivoj podlozi, kao i na njihov balans unutar biljnih tkiva, što je važno uzeti u obzir prilikom zamjene tradicionalnih izvora svjetlosti LED osvjetljenjem (Ding i sar., 2011).

Među dostupnim LED spektrima, crvena i plava svjetlost, kao i njihova kombinacija, pokazale su veoma efikasan uticaj na određene morfogenezne procese biljaka, zbog čega su među najčešće korištenim LED izvorima svjetlosti u mikropropagaciji (Nowakowska i sar., 2023). Za plavu svjetlost, talasne dužine 400-510 nm, je utvrđeno da podstiče kretanje stoma, biosintezu hlorofila i sazrijevanje hloroplasta (Fan i sar., 2022). S druge strane, crvena svjetlost, talasne dužine 620-700 nm, utiče na sadržaj endogenih fitohormona, izduživanje izdanaka i korijena, kao i na druge fitohromske odgovore (Al-Ali i sar., 2024).

Postoje brojna istraživanja efekata LED svjetla na rast i razvoj biljaka u *in vitro* uslovima, među kojima je najčešće ispitivan uticaj različitih spektralnih kombinacija na eksplantate krompira (Seabrook, 2005; Edesi i sar., 2014; Ma i sar., 2015) i šećerne trske (Pandey i sar., 2011; Silva i sar., 2014; Ferreira, 2017), a od hortikulturnih vrsta, najviše istraživanja je rađeno na orhidejama (Nhut, 2018).

Crvena monohromatska svjetlost je imala pozitivan efekat na formiranje i razvoj adventivnih pupoljaka kod vrsta *Spatiphyllum cannifolium* (Dryand. ex Sims) Schott (Dewir i sar., 2005) i *Myrtus communis* L. (Cioć i sar., 2017). Suprotno tome, kod vrsta *Vanilla planifolia* Andrews (Bello-Bello i sar., 2016) i *Anthurium andreanum* Linden ex André

(Martinez-Estrada i sar., 2016) je primijećena smanjena stopa proliferacije izdanaka u odnosu na bijelo i plavo svjetlo. U većini istraživanja, dokazano je da crveno svjetlo utiče na izduživanje izdanaka i internodija, kao što je bio slučaj kod vrsta *Ajuga multiflora* Bunge (Jeong i Sivanesan, 2018), *Dianthus caryophyllus* L. (Manivannan i sar., 2017) i *Gerbera jamesonii* Bolus ex Hook.f. (Pawlowska i sar., 2018). Ovo izduživanje veoma često dovodi do pojačane krtosti izdanaka što smanjuje kvalitet eksplantata. Kod vrsta kao što su *Vaccinium ashei* Reade (Hung i sar., 2016) i *Myrtus communis* L. (Cioć i sar., 2017), crveno svjetlo je pozitivno uticalo na akumulaciju svježe i suve mase. Takođe, crveno monohromatsko svjetlo je imalo pozitivan uticaj na ukorjenjavanje mikroreznica vrste *Vaccinium corymbosum* L. (Florêncio i sar., 2024).

Plava monohromatska svjetlost je pokazala povoljan uticaj na proliferaciju, odnosno povećanje broja izdanaka i nodusa kod vrsta *Ajuga multiflora* Bunge (Jeong i Sivanesan, 2018), *Anthurium andreanum* Linden ex André (Budiarto, 2010) i *Brassica napus* L. (Li i sar., 2013). S druge strane, kod vrste *Gerbera jamesonii* Bolus ex Hook.f. (Gök i sar., 2016; Lim et al., 2023) monohromatska plava svjetlost je inhibirala proliferaciju izdanaka, a kod vrste *Ficus benjamina* L. (Werbrouck i sar., 2012) izazvala je stvaranje velikih količina kalusa u bazi eksplantata. Smatra se da plava svjetlost inhibira izduživanje izdanaka, što je i potvrđeno kod vrsta *Pelargonium x hortum* (Appelgren, 1991) i *Malus domestica* MM 106 (Muleo i sar., 2008). S druge strane, plava svjetlost je bila efikasna za izduživanje izdanaka i akumulaciju svježe mase kod vrste *Achillea millefolium* L. (Alvarenga i sar., 2015), kao i za akumulaciju svježe i suve mase kod vrste *Spatiphyllum cannifolium* (Dryand. ex Sims) Schott (Appelgren, 1991). Takođe, plavo svjetlo se pokazalo kao efikasno u promovisanju razvoja i izduživanja korijena kod vrste *Rehmannia glutinosa* (Gaertn.) DC. (Manivannan i sar., 2015).

Kombinacija crvenog i plavog svjetla u odnosu 1:1 je bila efikasna u regeneraciji izdanaka kod vrsta *Gossypium hirsutum* L. (Li i sar., 2010) i *Gerbera jamesonii* Bolus ex Hook.f. (Pawlowska i sar., 2018). Različiti odnosi crvenog i plavog svjetla su takođe bili efikasni u regeneraciji adventivnih izdanaka kod vrste *Anthurium andreanum* Linden ex André (Martinez-Estrada i sar., 2016), proliferaciji izdanaka kod vrste *Vanilla planifolia* Andrews (Bello-Bello i sar., 2016), izduživanju izdanaka kod vrste *Dendrobium officinale* Kimura & Migo (Lin i sar., 2011) i izduživanju korijena i stopi preživljavanja u procesu aklimatizacije kod vrste *Brassica napus* L. (Li i sar., 2013).

Iz analize dostupnih literaturnih izvora se može zaključiti da ne postoji univerzalna formula za svjetlosni tretman biljaka u *in vitro* uslovima, već se za svaku biljnu vrstu razvija protokol na osnovu naučnih istraživanja.

2.3. Biljni regulatori kao faktori rasta i razvoja biljaka u *in vitro* kulturi

Pored svjetlosti, biljni regulatori rasta – prije svega citokinini i auksini, koji su najvažniji u *in vitro* kulturi – predstavljaju ključne komponente protokola za mikropropagaciju, jer direktno utiču na rast, ukorjenjavanje i sveukupan razvoj eksplantata u kontrolisanim uslovima. Auksini prvenstveno regulišu elongaciju ćelija, gravitropnu i fototropnu orijentaciju rasta, kao i inicijaciju korjenovog sistema, dok citokinini imaju ključnu ulogu u stimulaciji ćelijske diobe, diferencijaciji i formiranju izdanaka (Teiz i Zeiger, 2002).

U mikropropagaciji, najčešće korišteni citokinini su:

- 6-benzilaminopurin (6-BAP) – najzastupljeniji sintetički citokinin u mikropropagaciji zbog visokog potencijala za stimulaciju izdanaka i povoljne cijene;
- kinetin (KIN) – sintetički citokinin koji se koristi samostalno ili u kombinaciji sa drugim hormonima za indukciju izdanaka;
- zeatin – prirodni citokinin koji se često koristi kod vrsta osjetljivijih na druge citokinine;
- tidiazuron (TDZ) – sintetičko jedinjenje koje ima citokininsko dejstvo i izuzetno je efikasan za indukciju izdanaka i embriogenezu u kulturama kalusa i embriona.

Najčešće korišteni auksini su:

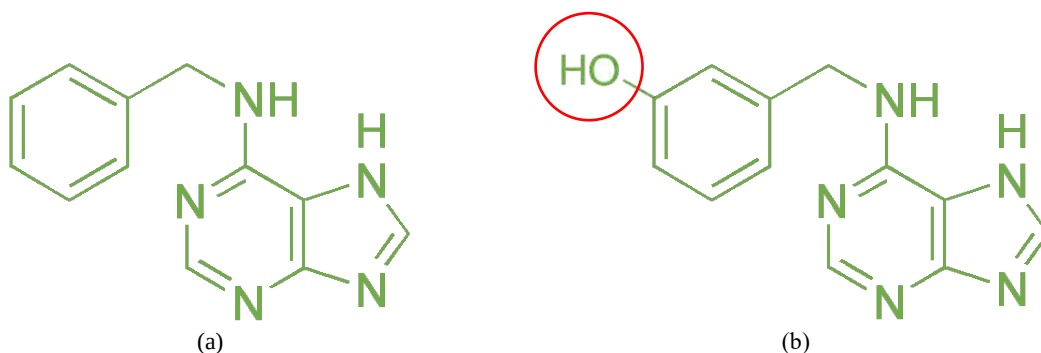
- indol-3-buterna kiselina (IBA) – sintetički auksin sa širokom primjenom u fazi *in vitro* ukorjenjavanja zbog stabilnosti i efikasnosti;
- 1-naftil sirćetna kiselina (NAA) – sintetički auksin, vrlo stabilan u *in vitro* kulturi i često korišten za indukciju kalusa i korijena;
- indol-3-sirćetna kiselina (IAA) – prirodni auksin koji je manje stabilan u *in vitro* uslovima.

Endogeni auksini i citokinini predstavljaju ključne biljne regulatore rasta koji učestvuju u regulaciji apikalne dominacije. Apikalna dominacija kod biljaka uglavnom zavisi od ravnoteže između koncentracija auksina i citokinina. Auksini se stvaraju u apeksu i prenose do bočnih pupoljaka, gdje usporavaju njihov rast, bilo direktno ili posredno – kroz uticaj na druge hormone i raspodjelu hranljivih materija. Nasuprot tome, veća količina citokinina u biljnom tkivu podstiče rast bočnih pupoljaka i umanjuje dejstvo auksina. Istraživanja su pokazala da nije presudna sama količina hormona, već njihov odnos. U *in*

vitro uslovima, uspješan razvoj i rast izdanaka često zavisi od sposobnosti citokinina da prekinu uticaj vršnog rasta i pokrenu razvoj bočnih pupoljaka.

Iako se citokinini generalno povezuju sa inhibicijom formiranja korijena, neke studije ukazuju da niske koncentracije mogu podstaći formiranje adventivnih korjenova (Arya i sar., 2022) i poboljšati kvalitet biljaka (Melnik, 2023). Slično, ravnoteža između auksina i citokinina u hranljivoj podlozi tokom faze multiplikacije ključna je za normalan razvoj eksplantata, pri čemu niska koncentracija auksina može biti od suštinskog značaja za pravilnu morfogenezu (Beyl, 2011).

6-benzilaminopurin (6-BAP) je najčešće korišten sintetički citokinin u mikropropagaciji zbog svoje efikasnosti u indukciji i proliferaciji izdanaka, kao i zbog pristupačne cijene (Bošnjak Mihailović i sar., 2020b). Ipak, utvrđeno je da može izazvati različite poremećaje u *in vitro* kulturama, kao što su vitifikacija (staklavost) tkiva, nekroza vrha izdanaka, inhibicija razvoja korijena i prijevremeno starenje tkiva (senescencija) (Chen i sar., 2020).



Slika 2.3. Šematski prikaz razlike u strukturi molekule 6-benzilaminopurina (a) i meta-Topolina (b) (prilagođeno iz Werbrouck i sar. [1996]).

N⁶-(2-hidroksibenzil)adenin-9-ribozoid, kasnije nazvan meta-Topolin (mT), je izolovan 1973. godine iz odraslih listova topole, a prvi put uspješno primijenjen u mikropropagaciji *Spatiphyllum*-a kao alternativa za 6-BAP 1996. godine (Werbrouck, 2021). Ovaj prirodni citokinin je po strukturi sličan 6-BAP-u, ali za razliku od njega, nije jako povezan sa navedenim negativnim pojavama. mT i drugi aromatični derivati ovog citokinina se godinama uspješno primjenjuju u mikropropagaciji različitih vrsta, gdje su pokazali pozitivan uticaj na kvalitet, stabilnost i diferencijaciju eksplantata (Podwyszyńska i sar., 2022; Muslihatin i sar., 2024). Pozitivno dejstvo mT-a, u odnosu na 6-BAP, se može objasniti njegovom specifičnom hemijskom strukturom (Slika 2.3.), koja omogućava postepeno hidrolitičko otpuštanje u biljnim tkivima, a samim tim, i značajno produžavanje efekta ovog citokinina (Prerostova i sar., 2018).

Iako u dostupnoj literaturi nema mnogo podataka o primjeni mT-a kao alternativnog citokinina u mikropropagaciji vrsta izabranih za istraživanje, u razmatranje su uzeta istraživanja koja su rađena na nekoliko drugih vrsta iz porodice Lamiaceae. Na primjer, Kőszeghi i sar. (2014) su u fazi multiplikacije izdanaka, dobijenih iz *in vitro* uzgojenih sijanaca bosiljka (*Ocimum basilicum* L.), primjenom mT-a poboljšali kvalitet eksplantata i smanjili deformacije izdanaka u poređenju sa tretmanima koji su uključivali 6-BAP. U kulturama izdanaka vrste *Salvia viridis* L., gajenim na MS podlozi, ispitivan je efekat četiri različita citokinina, a rezultati su pokazali da je najbolji razvoj bočnih izdanaka postignut tretmanom sa 1,0 mg/L mT-a (Grzegorzak-Karolak i sar., 2020). Slično tome, Erişen i sar. (2020) su u istraživanju mikropropagacije vrste *Salvia scarlea* L. utvrdili da je mT bio znatno efikasniji od 6-BAP-a, KIN-a i TDZ-a, kako u regeneraciji izdanaka, tako i u fazi ukorjenjavanja. U istraživanju koje su proveli Papafotiou i sar. (2023) sa vrstom *Salvia officinalis* L., najbolje parametre u fazi multiplikacije su imali eksplantati uzgajani na MS podlozi sa dodatkom 0,4 mg/L mT-a.

Slični trendovi su zapaženi i kod drugih vrsta. Kod vrste *Capparis orientalis* Veill. mT je povećao prosječan broj izdanaka na eksplantatima u poređenju sa 6-BAP-om (Bošnjak Mihailović i sar., 2020a). Listovi na eksplantatima vrste *Oxystelma esculentum* (L.f.) Sm su razvili funkcionalne stome za razliku od onih gajenih na podlozi sa dodatkom 6-BAP-a (Jayaprakash i sar., 2021). Najveći broj izdanaka, najduži izdanci i najveća stopa preživljavanja u *ex vitro* uslovima su postignuti sa eksplantatima vrste *Corylus avellana* L. u hranljivoj podlozi sa dodatkom 5,0 mg/L mT-a (Ellena i sar., 2023).

Primjena crvenog svjetla i mT-a su značajno poboljšali kvalitet biljaka u *in vitro* kulturi i aklimatizaciji vrste *Passiflora edulis* Sims (Chen i sar., 2020), dok su plavo LED svjetlo i mT imali pozitivan uticaj na visinu i ukorjenjavanje eksplantata kod vrste *Cruculigo latifolia* Dryand. ex W.T.Aiton (Muslihatin i sar., 2024).

2.4. Lavanda (*Lavandula angustifolia* Mill.)

Klasifikacija:

Carstvo: Plantae

Odjeljak: Tracheophyta

Klasa: Magnoliopsida

Red: Lamiales

Porodica: Lamiaceae

Rod: *Lavandula*

Vrsta: *Lavandula angustifolia* Mill.

Lavanda (*Lavandula angustifolia* Mill.) je višegodišnja zimzelena, polužbunasta biljka koja potiče iz mediteranskog regiona, gdje raste na nadmorskim visinama od 600 do 1200 m na dobro dreniranim karbonatnim zemljištima (Gallotte i sar., 2020). U okviru roda *Lavandula* opisano je preko 30 vrsta, ali se vrsta *L. angustifolia* Mill. smatra jednom od najcejenjenijih zbog kvaliteta etarskog ulja.



(a)



(b)

Slika 2.4. Habitus i cvasti vrste *Lavandula angustifolia* Mill. (a) i *Lavandula angustifolia* 'Ellagance Pink' (originalne fotografije).

Biljka dostiže visinu 40-80 cm, a karakteriše je okruglasti habitus, sa izdancima koji su veoma često odrvenjeli u donjim dijelovima krošnje, kao i izrazito razgranat korjenov sistem. Listovi su linearni, naspramni, sivo-zeleni i gusto prekriveni dlačicama. Cvjetovi su sitni, ljubičastoplave boje, dvousnati i grupisani u terminalne cimozne, lažno klasaste cvasti. Cvjetanje obično traje od juna do avgusta, u zavisnosti od agroekoloških uslova u kojima raste. Plod je merikarpijum koji se raspada na četiri jednosjemena plodića. Sjemena su jajasta, sjajna i smeđa. Ova vrsta je prepoznatljiva po intenzivnom i prijatnom mirisu koji

potiče od žlijezda sa eteričnim uljem, smještenih u epidermisu čašičnih i kruničnih listića cvjetova.

Uzgaja se širom Evrope, kao i u drugim dijelovima svijeta sa sličnim klimatskim uslovima, uključujući Sjevernu Ameriku, Australiju i određene dijelove Azije. Zahvaljujući svom prijatnom mirisu i biološki aktivnim jedinjenjima, *L. angustifolia* Mill. ima široku primjenu u hemijskoj, farmaceutskoj, kozmetičkoj i prehrambenoj industriji. Etarsko ulje lavande koristi se u proizvodnji parfema, sapuna, krema, losiona, kao i u izradi prirodnih sredstava za opuštanje i poboljšanje sna. U kulinarstvu se koristi u manjim količinama kao začim, naročito u mediteranskoj kuhinji. Dosta se koristi i kao repelent za insekte.

Glavni sastojci etarskog ulja lavande su 1-linalol i 1-linalilacetat, jedinjenjima koja djeluju umirujuće na nervni sistem, ali sadrži još i borneol, kamfor, geraniol, citronelal i terpenke ugljene hidrate (Kišgeci, 2008). Kod lavande se kao ljekovita droga koriste cvasti (*Lavandulae flos*) i etarsko ulje (*Lavandulae aetheroleum*). Farmakopejska primjena lavande obuhvata blago sedativno, spazmolitičko, karminativno, antimikrobno i protivupalno dejstvo (European Medicines Agency [EMA], 2012).

Lavanda je izuzetno cijenjena i kao ukrasna vrsta, ne samo zbog atraktivnog izgleda, već i zbog dobre otpornosti na sušu, visoke temperature i jaku svjetlost. Predstavlja jednu od najomiljenijih biljaka za oblikovanje vrtova u mediteranskom stilu, kao i senzornih i terapijskih vrtova.

Lavanda se u praksi razmnožava i generativnim i vegetativnim putem, pri čemu su obje metode podjednako zastupljene. Sjemenska reprodukcija dovodi do genetički varijabilnog sadnog materijala, sa značajnim razlikama u sadržaju etarskih ulja, dok se vegetativno razmnožavanje pomoću reznica i izdanaka često pokazuje problematičnim zbog slabog ukorjenjavanja i prisustva biljnih patogena u matičnim biljkama (Mitrofanova i sar., 2017). Svi ovi izazovi otežavaju masovnu i komercijalnu proizvodnju uniformnog sadnog materijala lavande, što je dovelo do potrebe za razvojem optimizovanih protokola za mikropropagaciju.

Novija istraživanja u oblasti mikropropagacije lavande uglavnom su fokusirana na indirektnu organogenezu izdanaka iz kalusa (Kumar i sar., 2015; Leevathi i sar., 2020; Yegorova i sar., 2020; Abbaszadeh i sar., 2023), kao i na regeneraciju kalusa u cilju proizvodnje sekundarnih metabolita (Ivanov i sar., 2024; Yahya i sar., 2024). U slučajevima direktne organogeneze i multiplikacije eksplantata, najčešće se koristi MS hranljiva podloga obogaćena različitim biljnim regulatorima rasta, pri čemu je najzastupljeniji 6-BAP, u koncentracijama od 0,5 do 2,0 mg/L – sa ili bez dodatka auksina kao što su NAA i IBA

(Hamza i sar., 2011; Chaimae i sar., 2020; Gubišová i Čičová, 2023). Pored toga, u određenim studijama korišteni su i drugi citokinini, poput zeatina (Miclea i Chifor, 2018) i KIN (Mitrofanova i sar., 2017) u kombinaciji sa giberelinskom kiselinom (GA₃).

Ukorjenjavanje eksplantata lavande uspješno je sprovedeno u različitim nutritivnim uslovima: na MS podlozi sa dodatkom 1,0 mg/L IBA-e (Abbaszadeh i sar., 2023), na MS podlozi bez dodatka biljnih regulatora rasta (Koefender i sar., 2021), na MS podlozi sa prepolovljenom koncentracijom mineralnih soli i dodatkom 1,0 mg/L NAA (Hamza i sar., 2011), kao i na White hranljivoj podlozi sa 0,4 mg/L NAA (Li i sar., 2019).

Iako u dostupnoj literaturi nema podataka o upotrebi mT-a kao alternativnog citokinina u mikropropagaciji obične lavande, istraživanje provedeno na vrsti *Lavandula x intermedia* je pokazalo da je mT bio efikasniji u fazi mikropropagacije u poređenju sa svim ostalim korišćenim citokininima, uključujući i 6-BAP (Mitrofanova i sar., 2022).

Takođe, istraživanja o uticaju različitog spektralnog sastava svjetlosti na rast i razvoj lavande u *in vitro* uslovima su prilično oskudna. U jednom od rijetkih dostupnih istraživanja utvrđeno je da kombinacija infracrvenog i crvenog svjetla pozitivno djeluje na ukorjenjavanje i razvoj korjenovog sistema, kao i na smanjenje formiranja kalusa u bazi eksplantata lavande (Darouez i Werbrouck, 2024). Slično tome, istraživanja sprovedena na *in vivo* reznicama lavande (Peçanha i sar., 2023), kao i na razvoju presadnica lavande u sistemu vertikalnih farmi (Wai i sar., 2024), pokazala su da crveni spektar svjetlosti najpovoljnije utiče na akumulaciju biomase, visinu biljaka i efikasnost ukorjenjavanja.

Dosadašnja istraživanja pokazuju veliku raznolikost u pristupima i protokolima mikropropagacije lavande, što ukazuje na potrebu za dalje optimizacijom i standardizacijom uslova kako bi se obezbijedila efikasna i reproduktivna proizvodnja kvalitetnog sadnog materijala.

2.5. Ruzmarin (*Rosmarinus officinalis* L.)

Klasifikacija:

Carstvo: Plantae

Odjeljak: Tracheophyta

Klasa: Magnoliopsida

Red: Lamiales

Porodica: Lamiaceae

Rod: *Rosmarinus*

Vrsta: *Rosmarinus officinalis* L.

Ruzmarin (*Rosmarinus officinalis* L.) je zimzelena, žbunasta, ljekovita, aromatična i ukrasna vrsta iz porodice Lamiaceae koja prirodno raste na području Mediterana, ali i u Bosni i Hercegovini (Hammer i Junghanns, 2020). Dostiže visinu od 1 do 2 m i ima snažno razgranatu krošnju. Listovi su uski, naspramni, sjedeći, linearni do lancetasti, sa lica tamnozeleni, a sa naličja svjetliji i gusto prekriveni dlačicama. Cvjetovi su sitni, dvousnati, plavi ili ljubičasti, grupisani u pazušne cvasti. Cvjeta tokom marta i aprila, iako često cvjetanje može da traje tokom cijele godine. Plod je merikarpijum sa četiri orašice, dok je sjeme sitno, tamnosmeđe, jajoliko i sjajno.



(a)



(b)

Slika 2.5. Habitus (a) i cvjetovi (b) ruzmarina (*Rosmarinus officinalis* L.) (originalne fotografije).

Ova vrsta ima široku primjenu u farmaceutskoj i kozmetičkoj industriji zbog svojih esencijalnih ulja i drugih sekundarnih metabolita koji imaju antiupalno, antioksidativno, antiseptičko i antimikrobno dejstvo (Husain i Jawad, 2019). Kod ruzmarina se kao ljekovita droga koriste list (*Rosmarini folium*) i eterično ulje (*Rosmarini aetheroleum*), koji sadrže

ruzmarinsku kiselinu, tanine, holin, saponozide i heterozide (Kišgeci, 2008). Farmakološka svojstva ruzmarina obuhvataju i karminativno, spazmolitičko, holeretičko i blago analgetsko dejstvo (EMA, 2010).

Pored njegove ekonomske vrijednosti, ruzmarin je cijenjen i kao ukrasna vrsta zbog svojih tamnozelenih, igličastih listova, atraktivnog habitusa i zanimljivih cvjetova, kao i zbog otpornosti na sušu.

Konvencionalne metode razmnožavanja ruzmarina obuhvataju generativno razmnožavanje, reznice izdanaka i položenice. Međutim ove načine razmnožavanja prate ograničenja kao što su slaba klijavost, genetička varijabilnost sijanaca i slabo ukorjenjavanje reznica (Sakr i sar., 2018; Kostas i sar., 2022). Ovi izazovi otežavaju masovnu komercijalnu proizvodnju sadnog materijala, što stvara potrebu za kreiranjem efikasnih tehnika razmnožavanja koje će osigurati genetsku uniformnost, visokoprinosne klonove i ekonomičnu proizvodnju. To se može postići korištenjem eksplantata dobijenih od odraslih biljaka sa potvrđenim dobrim osobinama, čime se održava genetska sličnost sa elitnim matičnim biljkama (Cardoso i sar., 2018).

Većina istraživanja koja su uključivala *in vitro* kulturu ruzmarina, je bila fokusirana na proizvodnju kalusa, koji se dalje koristi ili za regeneraciju adventivnih izdanaka (Laslo i sar., 2015; Sakr i sar., 2018), ili za proizvodnju sekundarnih metabolita (Sota i sar., 2019; Al-Saedi i Al-Rekaby, 2022). Samo nekoliko studija je bilo usmjereno na proizvodnju potpuno razvijenog biljnog materijala koji se može dalje koristiti i u *in vitro* (Leevathi i sar., 2013; Darwesh i Alayafi, 2018) i u *in vivo* uslovima (Misra i Chaturvedi, 1984; Mascarello i sar., 2017; Husain i Jawad, 2019; Kostas i sar., 2022).

U dostupnoj literaturi mogu se pronaći različiti protokoli za mikropropagaciju ruzmarina, pri čemu se najčešće koristi MS podloga, bilo u punoj ili u redukovanoj koncentraciji hranljivih soli i šećera. U nju se dodaju citokinini i auksini, pojedinačno ili u kombinaciji, u različitim koncentracijama i odnosima, u zavisnosti od faze mikropropagacije. Za fazu multiplikacije preporučuje se korištenje MS podloge sa 0,5 mg/L 6-BAP-a bez dodatka auksina (Husain i Jawad, 2019), 0,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA (Kostas i sar., 2022), 0,8 mg/L 6-BAP + 0,5 mg/L NAA (Dong i sar., 2012), ili 2 mg/L 6-BAP + 0,5 mg/L IAA (Leeleavathi i sar., 2013). S druge strane, za *in vitro* ukorjenjavanje preporučuje se korištenje MS podloge sa dodatkom 0,5 mg/L IBA-e (Mascarello i sar., 2017) ili MS podloge sa prepolovljenom koncentracijom hranljivih soli i dodatkom 0,5 mg/L IBA-e (Husain i Jawad, 2019) ili 1,0 mg/L NAA-e (Sakr i sar., 2018).

Takođe, u dostupnoj literaturi nema podataka o upotrebi mT-a kao alternativnog citokinina u mikropropagaciji ruzmarina, dok je potencijal primjene LED svjetla slabo istražen, osim u rijetkim slučajevima, kao što je istraživanje njihovog uticaja na ukorjenjavanje *in vivo* reznica ruzmarina (Gil i sar., 2021).

2.6. Podubica (*Teucrium chamaedrys* L.)

Klasifikacija:

Carstvo: Plantae

Odjeljak: Tracheophyta

Klasa: Magnoliopsida

Red: Lamiales

Porodica: Lamiaceae

Rod: *Teucrium*

Vrsta: *Teucrium chamaedrys* L.

Podubica (*Teucrium chamaedrys* L.) niska, zimzelena, višegodišnja polužbunasta vrsta visine do 30 cm, sa razgranatim korijenom. Izdanci su uspravni, dlakavi i u osnovi vremenom odrvene. Listovi su naspramni, jajoliki, po obodu nazubljeni, na vrhu zašiljeni, tamnozeleni sa kratkom lisnom drškom. Cvjetovi su ružičasto-ljubičasti, sa donjom petorežnjevitom usnom, grupisani u klasolike cvasti. Cvjeta od aprila do avgusta. Plod je merikarpijum sa četiri hrapave orašice, od kojih svaka sadrži po jednu sjemenku. Sjeme je sitno, sa tvrdom sjemenjačom, okruglasto i tamnosmeđe.



(a)



(b)

Slika 2.6. Habitus (a) i cvasti (b) podubice (*Teucrium chamaedrys* L.) (izvor: <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:TeucriumChamaedrys.jpg> i https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Teucrium_chamaedrys_RF.jpg).

Kod podubice se kao droga koristi nadzemni dio biljke u cvijetu (*Teucrium chamaedrys herba*), koji sadrži tanine, diterpene (teuflin i teukranin), gorke materije, luteolinske flavonoide, etarsko ulje i iridoidne monoterpene (Žikić i sar., 2014) koji imaju primjenu u farmaceutskoj industriji. Iako se podubica tradicionalno koristila kao gorka droga za stimulaciju varenja i funkcije jetre, savremene farmakopeje ne odobravaju njenu upotrebu zbog potvrđene hepatotoksičnosti teuflina i teukranina (Björnsson i Olsson, 1992; National Center for Biotechnology Information [NCBI], 2019).

Podubica se često upotrebljava u vrtovima formalnog stila, gdje se koristi kao rubna biljka u lejama ili za formiranje niskih živih ograda, a njena kompaktna forma dodaje strukturu u ovim vrtovima.

Zbog izrazito niske klijavosti sjemena, podubica se najčešće razmnožava vegetativno – reznicama ili dijeljenjem bokora. Međutim, ovi načini razmnožavanja često nisu dovoljno efikasni za potrebe komercijalne proizvodnje, zbog čega je neophodno pronaći optimalan pristup za masovnu i ujednačenu proizvodnju sadnog materijala. Jedan od najperspektivnijih pravaca u tom smislu jeste razvoj standardizovanog *in vitro* protokola, koji bi omogućio kontrolisane uslove razmnožavanja, visok stepen uniformnosti i veću produktivnost.

Iako su istraživanja mikropropagacije vrste *Teucrium chamaedrys* L. ograničena, u literaturi se navode uspješni protokoli za ovu i druge vrste iz istog roda.

Razavi i sar. (2019) su uspješno regenerisali izdanke *T. chamaedrys* L. iz kalusnih kultura na MS podlozi obogaćenju sa 0,5 mg/L 6-BAP i 0,1 mg/L NAA, dok je formiranje korjenova postignuto na istoj podlozi uz dodatak 0,5 mg/L KIN i 0,5 mg/L NAA. U istom radu autori su ispitivali i mogućnost indukcije kalusa u svrhu proizvodnje sekundarnih metabolita.

Kod vrste *Teucrium stocksianum* Boiss., Bohouche i Ksiksi (2007) su zabilježili optimalnu regeneraciju izdanaka iz hipokotilnih eksplantata na MS podlozi sa 3 mg/L KIN-a i 0,5 mg/L IAA. Indukcija korjenova uspješno je sprovedena na podlozi sa smanjenom koncentracijom MS soli i dodatkom IBA-e, uz 75–80% preživljavanja eksplantata nakon aklimatizacije. Frabetti i sar. (2009) su kod vrste *Teucrium fruticans* L. postigli značajno povećanje broja izdanaka iz nodalnih segmenata na MS podlozi sa 1,5 mg/L 6-BAP + 0,01 mg/L NAA i 30 g/L saharoze. Najveći broj korjenova i najviši procenat ukorjenjavanja (94%) zabilježen je kod izdanaka tretiranih sa 0,5 mg/L IBA-e. Kod vrste *Teucrium polium* L., Al-Qudah i sar. (2011) su postigli najviši stepen proliferacije izdanaka na MS podlozi sa 2,0 mg/L 6-BAP-a ili 1,6 mg/L KIN-a. U fazi ukorjenjavanja, samo NAA je omogućila formiranje korjenova, dok IBA i IAA nisu dale zadovoljavajuće rezultate. Papafotiu i

Martini (2016) su za vrstu *Teucrium capitatum* L. koristili MS podlogu sa 1,0 mg/L 6-BAP za stabilizaciju sjemenskih kultura. Multiplikacija je sprovedena na MS podlozi sa 0,5–2,0 mg/L 6-BAP-a, dok je ukorjenjavanje mikroizdanaka pojačano uzgojem tokom jedne sedmice na MS podlozi sa smanjenom koncentracijom soli i 1,0–4,0 mg/L IBA-e, a zatim završeno na istoj podlozi bez dodatka biljnih regulatora rasta.

Iako se u literaturi mogu pronaći različiti pristupi i protokoli mikropropagacije unutar roda *Teucrium*, dosadašnja istraživanja su metodološki neujednačena, a podaci specifično za vrstu *Teucrium chamaedrys* L. ostaju oskudni i nedovoljno istraženi. Imajući u vidu ovu prazninu u naučnim saznanjima, sprovođenje ovog istraživanja predstavlja važan doprinos u optimizaciji *in vitro* razmnožavanja ove značajne biljne vrste, čime se otvara prostor za njenu širu primjenu u hortikulturi, farmaciji i očuvanju genetičkih resursa.

3. CILJ ISTRAŽIVANJA

Osnovni cilj istraživanja je optimizacija protokola za mikropropagaciju tri biljne vrste iz porodice Lamiaceae – lavande – *Lavandula angustifolia* Mill., ružmarina – *Rosmarinus officinalis* L. i podubice – *Teucrium chamaedrys* L. Istraživanje ima za cilj uspostavljanje visoko efikasnog sistema za proizvodnju početnog sadnog materijala, kroz stimulaciju stepena multiplikacije, poboljšanje uslova za uspješno *in vitro* ukorjenjavanje i *ex vitro* aklimatizaciju, uz očuvanje genetičke uniformnosti proizvedenog biljnog materijala.

Specifični ciljevi koji proizilaze iz osnovnog cilja istraživanja, a odnose se na sve tri ispitivane vrste, uključuju:

- utvrđivanje optimalne kombinacije biljnih regulatora rasta za faze multiplikacije i ukorjenjavanja eksplantata u *in vitro* uslovima;
- ispitivanje uticaja različitih izvora svjetlosti na rast i razvoj eksplantata tokom *in vitro* uzgoja;
- ispitivanje kombinovanog djelovanja izvora svjetlosti i biljnih regulatora rasta na sve faze mikropropagacije;
- procjenu uticaja primijenjenih tretmana na *ex vitro* aklimatizaciju ukorijenjenih eksplantata;
- uspostavljanje efikasnih, jasnih i u praksi primjenjivih protokola za *in vitro* mikropropagaciju.

Uprkos značajnom napretku u razumijevanju pojedinačnih efekata svjetlosti i biljnih regulatora rasta na mikropropagaciju, njihovo kombinovano djelovanje još uvijek nije dovoljno istraženo, posebno kada je riječ o ekonomski značajnim vrstama poput onih obuhvaćenih ovim istraživanjem. Istovremeno prilagođavanje ovih faktora moglo bi značajno doprinijeti povećanju efikasnosti mikropropagacije, poboljšanju kvaliteta proizvedenog biljnog materijala i većem stepenu uspješnosti aklimatizacije i preživljavanja biljaka u *ex vitro* uslovima.

Dodatno, bolje razumijevanje međusobnog dejstva svjetlosnih uslova i biljnih regulatora rasta može poslužiti kao osnova za razvoj standardizovanih protokola koji su prilagodljivi širokom spektru vrsta i komercijalnih proizvodnih sistema, čime se otvara prostor za širu primjenu ovih saznanja u hortikulturi. Primjena takvih protokola može doprinijeti smanjenju troškova proizvodnje, povećanju uniformnosti i kvaliteta sadnog materijala, kao i većoj pouzdanosti procesa mikropropagacije na komercijalnom nivou.

4. HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA

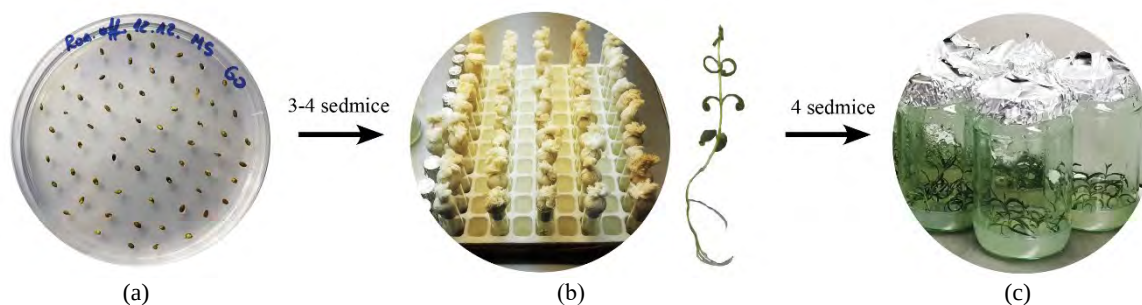
Polazeći od definisanog cilja istraživanja, postavljena je hipoteza da svjetlosni uslovi i biljni regulatori rasta, pojedinačno i u kombinaciji, značajno utiču na efikasnost mikropropagacije lavande (*Lavandula angustifolia* Mill.), ruzmarina (*Rosmarinus officinalis* L.) i podubice (*Teucrium chamaedrys* L.). Očekuje se da će određene kombinacije biljnih regulatora rasta (6-BAP, mT, NAA i IBA), u odgovarajućim koncentracijama, pozitivno uticati na stepen multiplikacije i uspješnost ukorjenjavanja eksplantata u *in vitro* uslovima. Takođe se pretpostavlja da različiti izvori svjetlosti (fluorescentno, kombinacija crvenog i plavog LED svjetla, crveno LED svjetlo i plavo LED svjetlo) imaju različite efekte na rast, morfologiju i ukupni fiziološki odgovor eksplantata tokom *in vitro* uzgoja. Posebna pažnja posvećena je ispitivanju mogućeg interaktivnog efekta izvora svjetlosti i biljnih regulatora rasta, uz očekivanje da će njihova pravilna kombinacija dodatno poboljšati parametre uspješnosti mikropropagacije. Nadalje, pretpostavlja se da tretmani koji daju najbolje rezultate u *in vitro* fazama mogu pozitivno uticati i na uspješnost aklimatizacije i preživljavanja biljaka u *ex vitro* uslovima. Na osnovu svega navedenog, očekuje se da će rezultati ovog istraživanja omogućiti uspostavljanje efikasnog, stabilnog i praktično primjenjivog protokola za mikropropagaciju navedenih vrsta, koji bi mogao imati široku primjenu u hortikulturnoj i rasadničarskoj proizvodnji.

5. MATERIJAL I METODE RADA

Istraživanje je sprovedeno u Laboratoriji za sertifikaciju sjemena i sadnog materijala (Odjeljenje za *in vitro* kulturu) Instituta za hortikulturu na Poljoprivrednom fakultetu Univerziteta u Banjoj Luci. Eksperiment je trajao od decembra 2019. godine do maja 2023. godine.

Istraživanjem su obuhvaćene tri vrste iz porodice Lamiaceae: lavanda (*Lavandula angustifolia* Mill.), ruzmarin (*Rosmarinus officinalis* L.) i podubica (*Teucrium chamaedrys* L.), a rast i razvoj njihovih eksplantata je praćen u fazama multiplikacije, *in vitro* ukorjenjavanja i aklimatizacije.

Eksplantati su dobijeni od *in vitro* sijanaca uzgojenih na MS podlozi bez dodatka biljnih regulatora rasta, dok je stabilizacija sjemenskih kultura izvršena na MS podlozi sa dodatkom 0,5 mg/L 6-BAP-a (Slika 5.1.). Sjeme je obezbijeđeno iz Banke biljnih gena Republike Srpske (Institut za genetičke resurse, Univerzitet u Banjoj Luci). Prije *in vitro* inicijacije, sjeme je bilo potopljeno u rastvor GA₃ u koncentraciji 0,2 g/L u trajanju od 48 h, nakon čega je izvršena površinska sterilizacija sjemena. Sjeme je najprije potopljeno u 70% rastvor etil-alkohola (C₂H₅OH) u trajanju od dvije minute, nakon čega je prebačeno u 15% rastvor natrijum-hipohlorita (NaClO) sa dodatkom dvije kapi deterdženta za suđe u trajanju od 15 minuta. Sterilisano sjeme je isprano tri puta u sterilisanoj destilovanoj vodi.



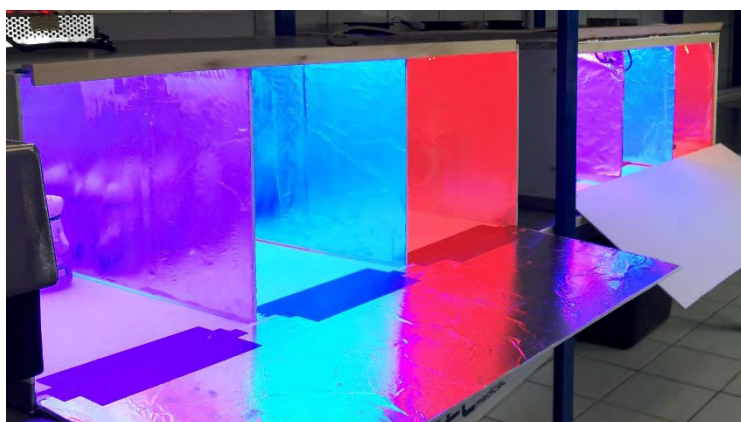
Slika. 5.1. Razvoj *in vitro* kultura iz sjemena kao početnog materijala za eksperiment (prikazano na primjeru ruzmarina): (a) sterilisano sjeme na MS podlozi bez dodatka biljnih regulatora rasta, (b) razvijeni sijanci na MS podlozi bez dodatka biljnih regulatora rasta, (c) stabilizacija sjemenskih kultura na MS podlozi sa dodatkom 0,5 mg/L 6-BAP-a.

Za faze multiplikacije i *in vitro* ukorjenjavanja, eksplantati su uzgajani u Erlenmajer tikvicama, zapremine 100 ml, na 40 ml MS podloge. MS podloga je pripremljena sa MS baznim solima (Duchefa Biochemie, Holandija) i neophodnim dodacima (sastav prikazan u Tabeli 5.1.). Podloga je učvršćena sa 6,4 g/L agara, a njen pH podešen na 5,8 prije atoklaviranja na 120°C u trajanju od 15 min.

Tabela 5.1. Sastav i koncentracija osnovnih sastojaka korištenih za pripremanje MS hranljive podloge.

Makro elementi	mg/L podloge
CaCl ₂	332,02
KH ₂ PO ₄	170,00
KNO ₃	1900,00
MgSO ₄	180,54
NH ₄ NO ₃	1650,00
Mikro elementi	mg/L podloge
CoCl ₂ x 6H ₂ O	0,025
CuSO ₄ x 5H ₂ O	0,025
H ₃ BO ₃	6,20
KI	0,83
MnSO ₄ x H ₂ O	16,90
Na ₂ MoO ₄ x 2H ₂ O	0,25
ZnSO ₄ x 7H ₂ O	8,60
Kompleks gvožđa	mg/L podloge
FeNaEDTA	36,70
Vitamini	mg/L podloge
Tiamin HCl (vitamin B ₁)	0,10
Piridoksin HCl (vitamin B ₆)	0,50
Glicin	2,00
Nikotinska kiselina	0,50
mio-Inozitol	100,00
Ugljeni hidrati	g/L podloge
Saharoza	30,00

Eksplantati su uzgajani pod vještačkim osvjetljenjem u uslovima 16 h dan/8 h mrak na temperaturi $21 \pm 1^\circ\text{C}$ u komorama za rast. Kao izvori svjetlosti korištene su fluorescentne lampe (Osram Cool Daylight, 30W) i dva tipa LED traka (LED strip PREMIUM 120 LED/m, Design Light, Poljska) sa crvenim i plavim LED diodama (Slika 5.2.). Gustina fluksa fotosintetski aktivnih fotona (eng. *photosynthetic photon flux density – PPFD*), koja je korištena kao jedinica za mjerenje intenziteta fotosintetski aktivne svjetlosti, izmjerena je pomoću SpotOn® Quantum PAR Light Meter (Innoquest INC., USA) na nivou uzgojnih posuda (Slika 5.3.) i izražena kao $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$. U Tabeli 5.2. je prikazan svjetlosni spektar i intenziteta fotosintetski aktivne svjetlosti korištenih izvora svjetla.



Slika 5.2. Komore za rast eksplantata sa različitim tipovima LED svjetlosti (posmatrano s lijeva na desno): kombinacija crvenog i plavog LED svjetla, plavo LED svjetlo, crveno LED svjetlo.



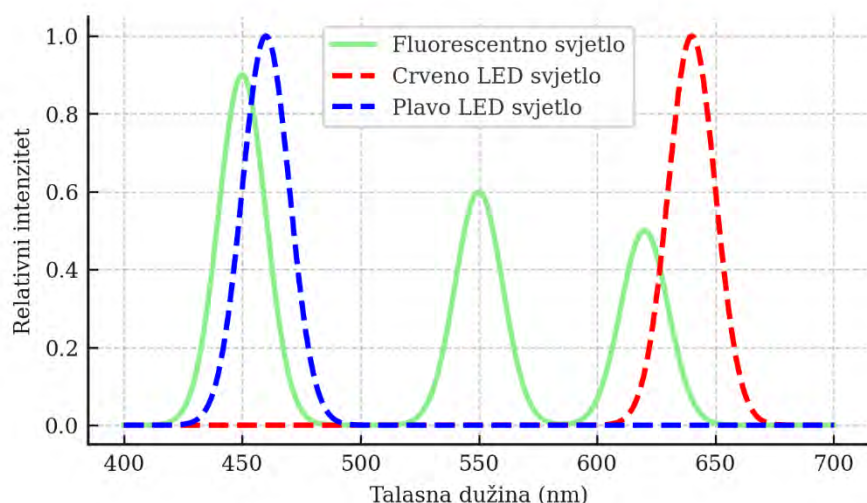
Slika 5.3. SpotOn® Quantum PAR Light Meter

Tabela 5.2. Podaci o korištenim izvorima svjetlosti

Izvor svjetla	Spektralni opseg (nm)	PPFD $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$
fluorescentne lampe	$\approx 400\text{--}700^*$	65
crvene + plave LED diode (1:1)	$\approx 430\text{--}660^{**}$	60
crvene LED diode	$\approx 620\text{--}660$	55
plave LED diode	$\approx 430\text{--}470$	62

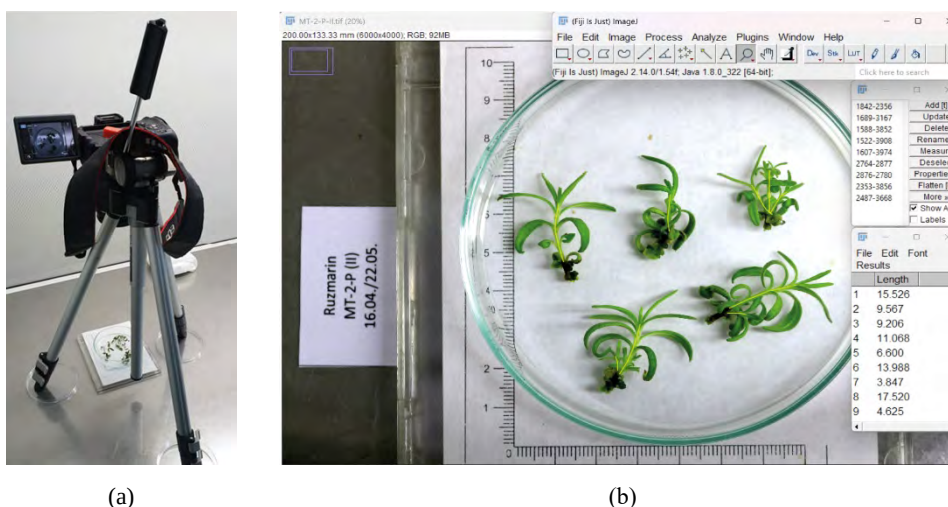
*Spektralni pikovi su izraženi u plavom dijelu (430–470 nm; najzastupljeniji), zeleno-žutom dijelu (540–560 nm) i crvenom dijelu spektra (610–630 nm).

**Spektralni pikovi su izraženi u plavom (oko 460 nm) i crvenom dijelu spektra (630–650 nm).



Slika 5.4. Simulirani spektralni sastav pojedinačnih izvora svjetlosti korištenih u eksperimentu, baziran na dostupnim tehničkim podacima (ne predstavlja stvarno izmjerene vrijednosti). Spektralne krive su modelovane i prikazane korištenjem biblioteka NumPy (za simulaciju Gausovih distribucija intenziteta) i Matplotlib (za prikaz grafikona) u programskom jeziku Python.

Da bi se sačuvali resursi, pojednostavilo mjerenje i ubrzao proces razmnožavanja, dužine izdanaka i korjenova eksplantata su mjerene sa fotografija koje su uslikane fotoaparatom Canon EOS 760D (Slika 5.4. [a]). Fotografije su kalibrisane i analizirane uz pomoć softvera Fiji (Schindelin i sar., 2012) (Slika 5.4. [b]).



Slika 5.4. Proces fotografisanja (a) i analize kalibrisanih fotografija u softveru Fiji (b).

5.1. Ispitivanje uticaja svjetla i biljnih regulatora rasta na multiplikaciju izdanaka

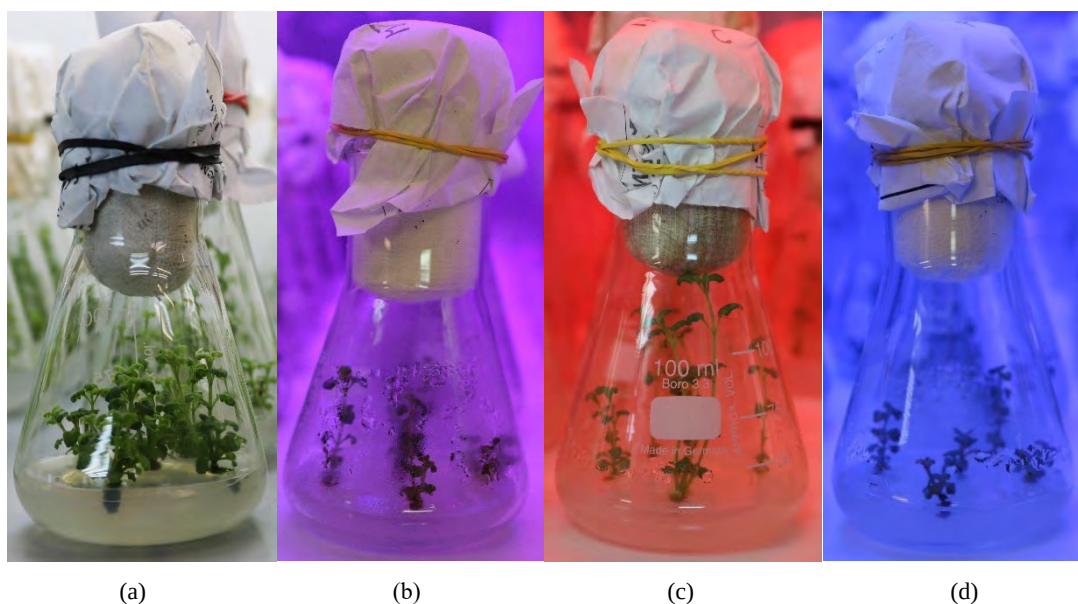
Prije faze multiplikacije, eksplantati su najprije uzgajani dvije sedmice na MS podlozi bez dodatih biljnih regulatora rasta, kako bi se smanjio zaostali uticaj 6-BAP-a iz faze stabilizacije sjemenskih kultura.

Faza multiplikacije je obavljena na MS podlozi sa dodatkom 0,1 mg/L NAA i različitih koncentracija dva citokinina, 6-BAP-a ili mT-a. Ispitivano je ukupno sedam različitih tretmana biljnim regulatorima rasta (Tabela 5.3.), pod sva četiri svjetlosna tretmana (Slika 5.5.), što čini ukupno 28 eksperimentalnih kombinacija za svaku vrstu.

Tabela 5.3. Kombinacije biljnih regulatora rasta primjenjene u fazi multiplikacije. MS označava MS hranljivu podlogu bez dodatih citokinina, MB označava MS hranljivu podlogu sa dodatim 6-BAP-a, a MT označava MS hranljivu podlogu sa dodatim mT-om.

Oznaka za kombinaciju biljnih regulatora rasta	Citokinin		Auksin
	6-BAP (mg/L)	mT (mg/L)	NAA (mg/L)
MS-0	-	-	0.1
MB-1	0.5	-	0.1
MB-2	1.0	-	0.1
MB-3	1.5	-	0.1
MT-1	-	0.5	0.1
MT-2	-	1.0	0.1
MT-3	-	1.5	0.1

Eksplantati su nakon šest sedmica pažljivo izvađeni iz tikvica i fotografisani u laminarnoj komori, kako bi se sačuvali sterilni uslovi. Dio eksplantata je izdvojen za određivanje svježe i suve mase, dok su preostali eksplantati preneseni na svježju MS podlogu radi nastavka eksperimenta.



Slika 5.5. *In vitro* multiplikacija eksplantata podubice pod različitim izvorima svjetlosti: (a) fluorescentno svjetlo, (b) kombinacija crvenog i plavog LED svjetla, (c) crveno LED svjetlo, (d) plavo LED svjetlo.

Svježa masa je mjerena na analitičkoj vagi (KERN ABJ 120-4NM, Njemačka), nakon čega su eksplantati osušeni u sušnici (Binder ED53, Njemačka) na temperaturi od 70°C do konstantne mase. Nakon sušenja, ponovo je izvršeno vaganje, kako bi se dobila i suva masa eksplantata.

Pored svježe i suve mase, u fazi multiplikacije bilježeni su i broj novih izdanaka, dužina izdanaka i broj nodusa po eksplantatu.

5.2. Ispitivanje uticaja svjetla i biljnih regulatora rasta na *in vitro* ukorjenjavanje

Nakon faze multiplikacije, pojedinačni eksplantati (izdanci dužine 10-15 mm) su najprije preneseni na MS podlogu bez dodatih biljnih regulatora rasta, na kojoj su uzgajani dvije sedmice prije prenošenja na podlogu za ukorjenjavanje.

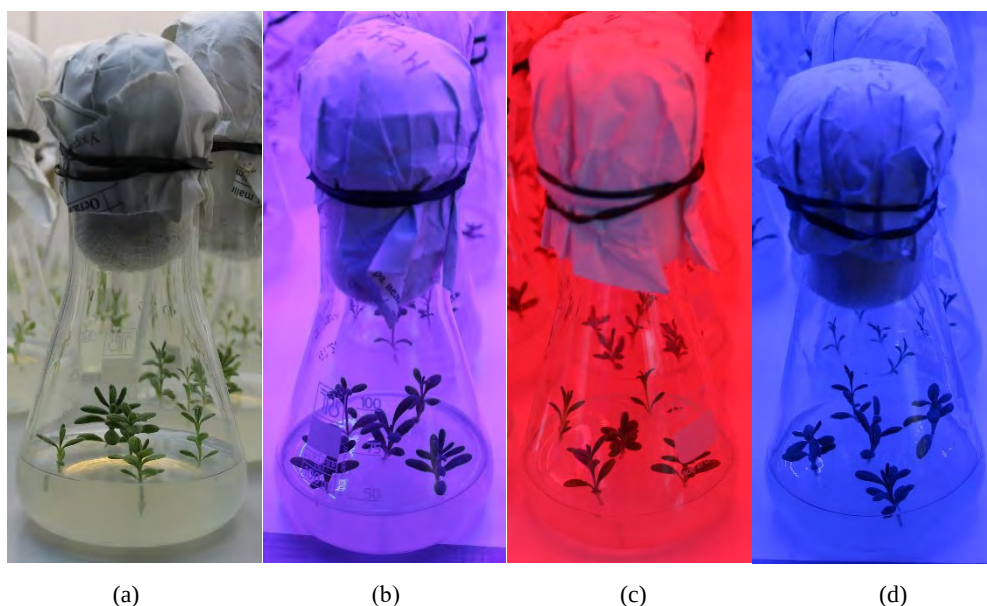
Za *in vitro* ukorjenjavanje je korištena MS podloga sa dodatkom 0,1 mg/L citokinina (6-BAP ili mT), koji su ispitivani zasebno ili u kombinaciji sa različitim koncentracijama IBA-e (Tabela 5.4.). Ispitivano je ukupno osam različitih tretmana biljnim regulatorima rasta, pod sva četiri svjetlosna tretmana (Slika 5.6.), što čini ukupno 32 eksperimentalne kombinacije za svaku vrstu.

Tabela 5.4. Kombinacije biljnih regulatora rasta primjenjene u fazi *in vitro* ukorjenjavanja. MKB označava MS hranljivu podlogu sa dodatim 6-BAP-om, a MKM označava MS hranljivu podlogu sa dodatim mT-om.

Oznaka za kombinaciju biljnih regulatora rasta	Citokinin		Auksin ¹	Auksin ²
	6-BAP (mg/L)	mT (mg/L)	IBA (mg/L)	IBA (mg/L)
MKB-0	0.1	-	-	-
MKB-1	0.1	-	0.1	0.5
MKB-2	0.1	-	0.3	0.75
MKB-3	0.1	-	0.5	1.0
MKM-0	-	0.1	-	-
MKM-1	-	0.1	0.1	0.5
MKM-2	-	0.1	0.3	0.75
MKM-3	-	0.1	0.5	1.0

¹ Koncentracije auksina primjenjene u kulturama lavande (*Lavandula angustifolia* Mill.) i ruzmarina (*Rosmarinus officinalis* L.).

² Koncentracije auksina primjenjene u kulturama podubice (*Teucrium chamaedrys* L.).

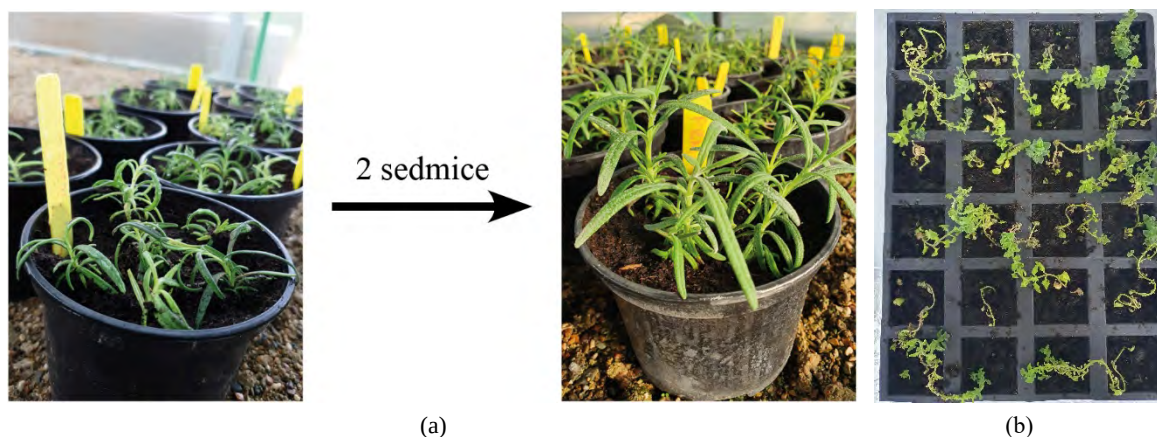


Slika 5.6. *In vitro* ukorjenjavanje eksplantata lavande pod različitim izvorima svjetlosti: (a) fluorescentno svjetlo, (b) kombinacija crvenog i plavog LED svjetla, (c) crveno LED svjetlo, (d) plavo LED svjetlo.

Nakon šest sedmica, prikupljeni su podaci o procentu ukorjenjavanja, kao i broju korjenova i dužini korijena po eksplantatu.

5.3. Aklimatizacija i stopa preživljavanja biljaka

Ukorijenjene biljke su, nakon faze ukorjenjavanja, izvađene iz tikvica, a korijen je ispran kako bi se uklonili ostaci hranljive podloge. Nakon toga, biljke su presađene u plastične saksije sa smješom treseta (Gramoflor PresstopfTray, Njemačka) i riječnog pijeska u odnosu 1:1. Saksije su postavljene u komoru za rast u stakleniku, opremljenu sa mist sistemom i grijanjem, pri čemu su održavane vlažnost od 80-90% i temperatura od $24 \pm 2^\circ\text{C}$. Tokom procesa aklimatizacije, biljke su bile izložene prirodnom svjetlu. Broj uspješno aklimatizovanih biljaka je zabilježen nakon dvije sedmice (Slika 5.7.).



Slika 5.7. Proces aklimatizacije biljaka ruzmarina (a) i biljaka podubice (b) u komori za rast u stakleniku, pod uslovima visoke relativne vlažnosti vazduha i prirodnom svjetlošću.

Stopa preživljavanja biljaka je izračunata kao procenat aklimatizovanih biljaka u odnosu na broj eksplantata koji su inicijalno postavljeni na podlogu za *in vitro* ukorjenjavanje. Ovaj parametar je obuhvatio i uspješnost *in vitro* ukorjenjavanja i aklimatizacije, te je služio kao konačan pokazatelj efikasnosti primijenjenih tretmana.

5.4. Dizajn eksperimenta i biometrička analiza

Eksperiment je postavljen po modelu potpuno slučajnog rasporeda sa tri ponavljanja za svaku fazu eksperimenta i svaku vrstu. Svaka kombinacija primijenjenih tretmana uključivala je tri Erlenmayer tikvice sa po pet eksplantata, što je činilo ukupno 420 eksplantata u fazi multiplikacije i 480 eksplantata u fazi ukorjenjavanja, po ponavljanju i po vrsti.

Podaci su analizirani uz pomoć dvo-faktorijske analize varijanse (ANOVA) u softverskom paketu SPSS Statistics v. 26 (IBM Corporation, USA). Za višestruka poređenja tretmana primijenjen je Tukijev test značajnih razlika (eng. Tukey's HSD) pri nivou značajnosti $p < 0,05$.

Za parametre čiji podaci odstupaju od pretpostavki normalnosti reziduala i/ili homogenosti varijacije, kao i u slučajevima izraženo neravnomjernog broja podataka unutar pojedinačnih kombinacija tretmana (nebalansiran dizajn), primijenjena je ART metoda (*Aligned Rank Transform*) (Wobbrock i sar., 2011; Durner, 2019). ART je neparametarska metoda koja omogućava testiranje glavnih efekata i interakcije u multifaktorijskim eksperimentima, koristeći klasične ANOVA procedure. Ova metoda najprije vrši poravnanje podataka, tako što za svaki efekat koji se analizira uklanja uticaj ostalih efekata u modelu i na taj način izoluje doprinos pojedinačnih faktora i njihove interakcije. Nakon toga, na poravnate vrijednosti se primjenjuje rangiranje, čime se eliminiše zavisnost od distribucije podataka i omogućava validna analiza. Na kraju, na rangirane vrijednosti se primjenjuje standardna analiza varijanse, čime se dobijaju F i p vrijednosti koje su interpretativno slične onima iz klasične analize varijanse, ali su statistički prilagođene za neparametarske uslove. Ova analiza je izvedena u softveru R v.4.4.3. (R Core Team, 2025) pomoću paketa *ARTool* v.0.11.1 (Kay i sar., 2021). Za višestruka poređenja tretmana korišten je paket *emmeans* v. 1.11.0 (Lenth, 2017), uz korekciju Tukijevom metodom, pri nivou značajnosti $p < 0,05$.

Osnovne deskriptivne biometričke vrijednosti su date za sve ispitivane parametre, a prikazane su kao aritmetička sredina ($\bar{X}$) $\pm$ standardna greška aritmetičke sredine ($S_{\bar{X}}$) i koeficijent varijacije (V_k).

6. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

6.1. Lavanda (*Lavandula angustifolia* Mill.)

6.1.1. Faza multiplikacije

Svježa masa eksplantata

Uticaj svjetlosnog spektra i biljnih regulatora rasta na prosječnu svježu masu eksplantata lavande prikazan je u Tabeli 6.1.

Tabela 6.1. Prosječna svježa masa eksplantata lavande (*Lavandula angustifolia* Mill.) uzgajanih pod različitim izvorima svjetlosti i u MS podlozi sa različitim koncentracijama biljnih regulatora rasta, nakon 6 sedmica uzgoja sa rezultatima dvofaktorijalne analize varijanse. **MS-0** – 0,1 mg/L NAA; **MB-1** – 0,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-2** – 1,0 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-3** – 1,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MT-1** – 0,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-2** – 1,0 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-3** – 1,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA.

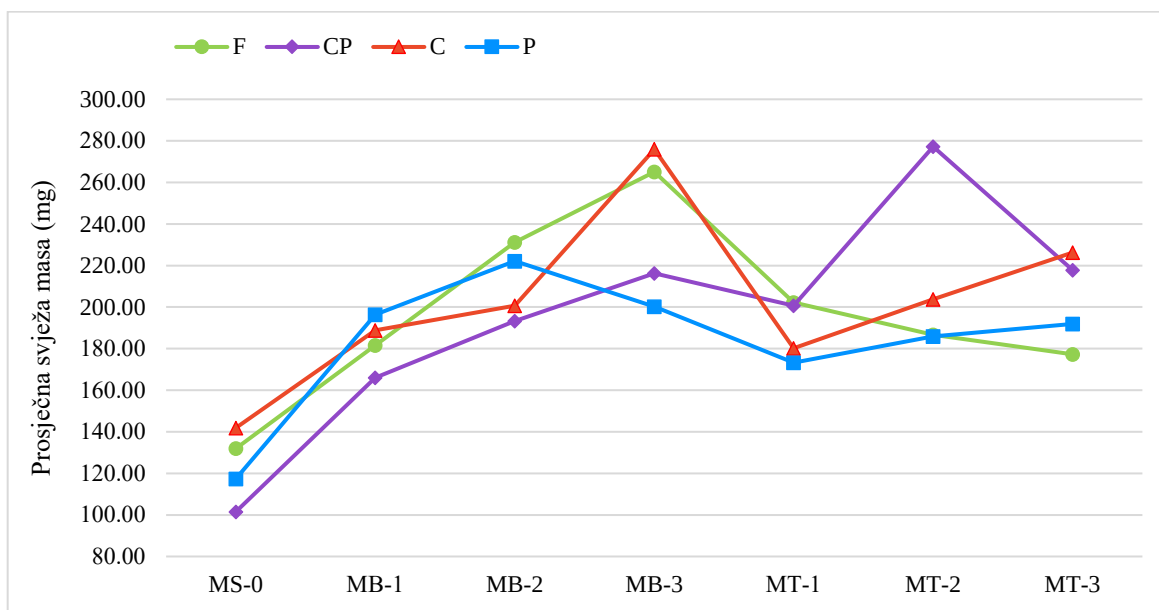
Izvor svjetlosti	Biljni regulatori rasta	Svježa masa (mg)			
		$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	Vk (%)		
Fluorescentno	MS-0	131,94 ± 3,78 ^j	11,10		
	MB-1	181,58 ± 5,25 ^{fgh}	11,19		
	MB-2	231,13 ± 4,78 ^b	8,01		
	MB-3	265,08 ± 6,98 ^a	10,20		
	MT-1	202,20 ± 6,97 ^{bcdefg}	13,34		
	MT-2	186,60 ± 5,29 ^{fgh}	10,98		
	MT-3	177,20 ± 4,99 ^{fgh}	10,90		
Crveno + plavo LED (1:1)	MS-0	101,53 ± 4,09 ^k	15,59		
	MB-1	165,98 ± 5,09 ^{hi}	11,87		
	MB-2	193,24 ± 4,96 ^{defgh}	9,94		
	MB-3	216,25 ± 5,28 ^{bcde}	9,45		
	MT-1	200,72 ± 6,96 ^{cdefg}	13,43		
	MT-2	277,21 ± 6,62 ^a	9,25		
	MT-3	217,73 ± 6,13 ^{bcde}	10,90		
Crveno LED	MS-0	141,89 ± 3,85 ^{ij}	10,52		
	MB-1	188,82 ± 5,69 ^{efgh}	11,67		
	MB-2	200,74 ± 3,92 ^{cdefg}	7,57		
	MB-3	275,95 ± 6,80 ^a	9,54		
	MT-1	180,19 ± 4,41 ^{fgh}	9,48		
	MT-2	203,71 ± 5,66 ^{bcdef}	10,75		
	MT-3	226,27 ± 6,09 ^{bc}	10,42		
Plavo LED	MS-0	117,41 ± 3,72 ^{jk}	12,28		
	MB-1	196,37 ± 3,67 ^{defg}	7,24		
	MB-2	222,16 ± 5,80 ^{bcd}	10,12		
	MB-3	200,25 ± 6,72 ^{cdefg}	13,00		
	MT-1	173,33 ± 6,66 ^{gh}	14,88		
	MT-2	185,97 ± 4,29 ^{fgh}	8,93		
	MT-3	191,92 ± 6,13 ^{efgh}	12,36		
Analiza varijanse					
Izvor varijacije		df	F	p	η ² _p
Svjetlo		3	14,139	<0,001***	0,098
Biljni regulatori rasta		6	176,820	<0,001***	0,730
Svjetlo * Biljni regulatori rasta		18	23,948	<0,001***	0,524
R ² = 0,782					

$\bar{X}$ – aritmetička sredina, $S_{\bar{x}}$ – standardna greška aritmetičke sredine, Vk – koeficijent varijacije, df – stepeni slobode, F – F vrijednost, p – statistička značajnost, η^2_p – veličina efekta, R² – koeficijent determinacije.

Srednje vrijednosti obilježene različitim slovima se statistički značajno razlikuju na osnovu Tukijevog HSD testa (p≤0,05) (vidjeti Tabelu P1.1.1. u Prilogu 1).

Najviša prosječna vrijednost svježe mase je zabilježena kod eksplantata koji su uzgajani pod kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla u MS podlozi sa dodatkom 1,0 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA (MT-2; $277,21 \pm 6,62$ mg), dok je najniža prosječna vrijednost zabilježena pod istim izvorom svjetlosti u MS podlozi bez dodatnih citokina (MS-0; $101,53 \pm 4,09$ mg).

Dvofaktorijska analiza varijanse je pokazala statistički visoko značajan uticaj ($p < 0,001$), kako spektralnog sastava svjetlosti i biljnih regulatora rasta, tako i njihove međusobne interakcije na formiranje svježe mase eksplantata lavande. U okviru modela zabilježen je izrazito jak efekat interakcije ($\eta^2_p = 0,524$), dok koeficijent determinacije ($R^2 = 0,782$) ukazuje da model objašnjava 78,2 % ukupne varijacije u svježoj masi eksplantata. Da bi se bolje razumio međusobni uticaj svjetla i biljnih regulatora rasta, u nastavku je analizirana prosječna svježa masa eksplantata u interakcijama pojedinačnih faktora (Grafikon 6.1.).



Grafikon 6.1. Uticaj interakcije svjetlosti i biljnih regulatora rasta na prosječnu svježu masu eksplantata lavande (*Lavandula angustifolia* Mill.). **F** – fluorescentno svjetlo, **CP** – crveno + plavo LED svjetlo [1:1], **C** – crveno LED svjetlo, **P** – plavo LED svjetlo. **MS-0** – 0,1 mg/L NAA; **MB-1** – 0,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-2** – 1,0 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-3** – 1,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MT-1** – 0,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-2** – 1,0 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-3** – 1,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA.

Posmatrano po tipovima svjetlosti, eksplantati uzgajani u MS-0 tretmanu formirali su niže vrijednosti svježe mase u odnosu na tretmane sa dodatkom citokina, a razlike su bile statistički visoko značajne ($p < 0,001$). Plavo LED svjetlo pokazalo je najbolji učinak na stvaranje svježe mase u tretmanu MB-1, fluorescentno svjetlo u tretmanima MB-2 i MT-1, a crveno LED svjetlo u tretmanima MB-3 i MT-3. Kombinacija crvenog i plavog LED svjetla je bila

najefikasnija u tretmanu MT-2, i ova kombinacija je bila statistički visoko značajno efikasnija ($p < 0,001$) u poređenju sa svim ostalim izvorima svjetlosti.

Povećanje koncentracije 6-BAP-a u podlozi rezultiralo je povećanjem prosječne svježe mase pod fluorescentnim svjetlom, crvenim LED svjetlom i kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla, dok je pod plavim LED svjetlom najpovoljniji efekat postignut pri koncentraciji 1,0 mg/ L (MB-2).

Kod tretmana sa mT-om, povećanje koncentracije ovog citokinina u podlozi, dovelo je do povećanja svježe mase pod crvenim i plavim LED svjetlima. Suprotno tome, pod fluorescentnim svjetlom je došlo do smanjenja svježe mase, a pod kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla najefikasniji je bio tretman MT-2.

Generalno posmatrano, 6-BAP je bio efikasniji od mT-a pod fluorescentnim, crvenim LED i plavim LED svjetlima, dok se mT pokazao efikasnijim pod kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla.

Suva masa eksplantata

U Tabeli 6.2. su predstavljeni rezultati analize uticaja spektra svjetlosti i biljnih regulatora rasta na prosječnu suhu masu eksplantata lavande.

Najviša prosječna vrijednost suve mase je zabilježena kod eksplantata koji su uzgajani pod kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla u MS podlozi sa dodatkom 1,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA (MT-3; $43,07 \pm 1,38$ mg), dok je najniža prosječna vrijednost zabilježena pod istim izvorom svjetlosti u MS podlozi bez dodatnih citokinina (MS-0; $20,16 \pm 0,93$ mg).

Dvofaktorijska analiza varijanse je pokazala statistički visoko značajan efekat ($p < 0,001$) svjetlosti, biljnih regulatora rasta, i njihove međusobne interakcije na suhu masu eksplantata lavande. U okviru modela zabilježen je jak efekat interakcije ($\eta^2_p = 0,344$), dok koeficijent determinacije ($R^2 = 0,606$) pokazuje da model objašnjava 60,6% ukupne varijacije u suvoj masi eksplantata. Za potpunije razumijevanje interaktivnog djelovanja svjetlosti i regulatora rasta, analizirane su vrijednosti prosječne suve mase u okviru specifičnih kombinacija tretmana (Grafikon 6.2.).

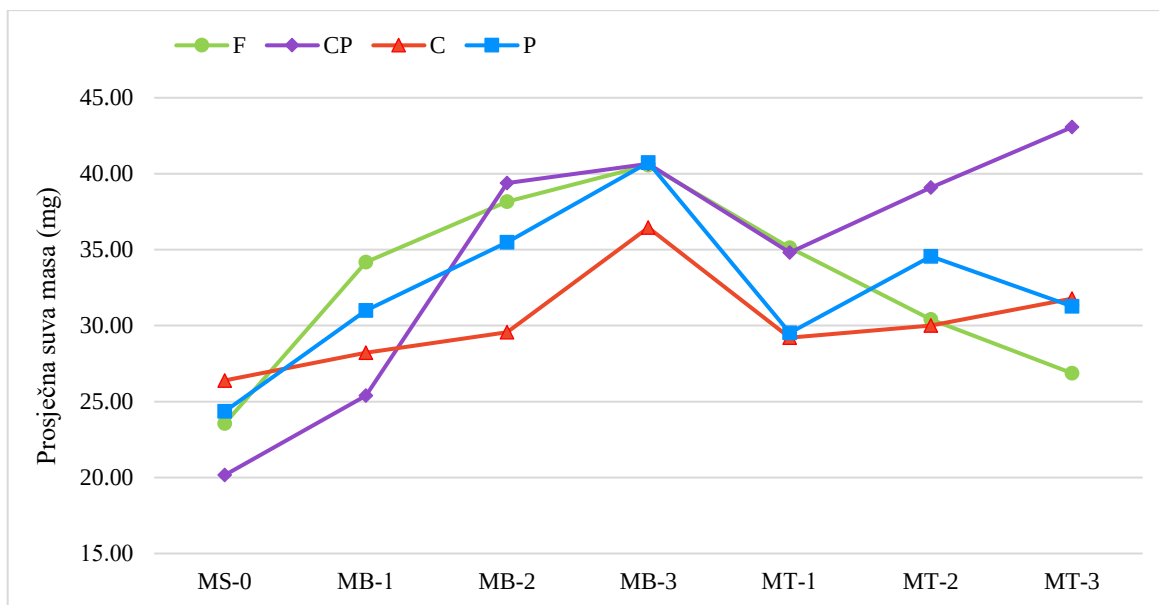
Tabela 6.2. Prosječna suva masa eksplantata lavande (*Lavandula angustifolia* Mill.) uzgajanih pod različitim izvorima svjetlosti i u MS podlozi sa različitim koncentracijama biljnih regulatora rasta, nakon 6 sedmica uzgoja sa rezultatima dvofaktorijalne analize varijanse. **MS-0** – 0,1 mg/L NAA; **MB-1** – 0,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-2** – 1,0 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-3** – 1,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MT-1** – 0,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-2** – 1,0 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-3** – 1,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA.

Izvor svjetlosti	Biljni regulatori rasta	Suva masa (mg)			
		$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	Vk (%)		
Fluorescentno	MS-0	23.55 ± 0.75 ^{jk}	12.30		
	MB-1	34.17 ± 1.39 ^{cdef}	15.78		
	MB-2	38.16 ± 1.14 ^{abc}	11.62		
	MB-3	40.57 ± 1.34 ^{ab}	12.79		
	MT-1	35.13 ± 1.04 ^{bcde}	11.46		
	MT-2	30.40 ± 1.35 ^{defghi}	17.19		
Crveno + plavo LED (1:1)	MT-3	26.86 ± 0.96 ^{ghij}	13.86		
	MS-0	20.16 ± 0.93 ^k	17.91		
	MB-1	25.39 ± 1.14 ^{hijk}	17.43		
	MB-2	39.39 ± 0.97 ^{abc}	9.49		
	MB-3	40.65 ± 1.46 ^{ab}	13.86		
	MT-1	34.81 ± 1.16 ^{bcde}	12.90		
Crveno LED	MT-2	39.10 ± 1.44 ^{abc}	14.27		
	MT-3	43.07 ± 1.38 ^a	12.38		
	MS-0	26.39 ± 1.23 ^{ghijk}	18.07		
	MB-1	28.21 ± 1.27 ^{fghij}	17.41		
	MB-2	29.56 ± 0.94 ^{efghij}	12.36		
	MB-3	36.45 ± 1.31 ^{bed}	13.94		
Plavo LED	MT-1	29.21 ± 1.16 ^{efghij}	15.44		
	MT-2	30.01 ± 1.24 ^{efghi}	16.03		
	MT-3	31.77 ± 1.05 ^{defg}	12.82		
	MS-0	24.35 ± 1.07 ^{ijk}	16.97		
	MB-1	31.01 ± 1.02 ^{defgh}	12.69		
	MB-2	35.48 ± 1.04 ^{bcde}	11.38		
	MB-3	40.74 ± 1.26 ^{ab}	11.99		
	MT-1	29.53 ± 1.37 ^{efghij}	18.03		
	MT-2	34.55 ± 1.47 ^{bcde}	16.43		
	MT-3	31.27 ± 1.16 ^{defgh}	14.31		
Analiza varijanse					
Izvor varijacije		df	F	p	η ² _p
Svjetlo		3	16,081	<0,001***	0,110
Biljni regulatori rasta		6	69,592	<0,001***	0,516
Svjetlo * Biljni regulatori rasta		18	11,437	<0,001***	0,344
R ² = 0.606					

$\bar{X}$ – aritmetička sredina, $S_{\bar{X}}$ – standardna greška aritmetičke sredine, Vk – koeficijent varijacije, df – stepeni slobode, F – F vrijednost, p – statistička značajnost, η^2_p – veličina efekta, R² – koeficijent determinacije.

Srednje vrijednosti obilježene različitim slovima se statistički značajno razlikuju na osnovu Tukijeve HSD testa (p≤0,05) (vidjeti Tabelu P1.1.2. u Prilogu 1).

Posmatrano po tipovima svjetlosti, eksplantati uzgajani u MS-0 tretmanu su stvorili nižu prosječnu suvu masu u odnosu na tretmane sa citokininima, a ove razlike su bile najizraženije pod fluorescentnim svjetlom i kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla. Takođe, fluorescentno svjetlo i kombinacija crvenog i plavog LED svjetla su imali bolji učinak na stvaranje suve mase eksplantata u odnosu na ostale izvore svjetlosti u skoro svim tretmanima koji su sadržavali citokinine.



Grafikon 6.2. Uticaj interakcije svjetlosti i biljnih regulatora rasta na prosječnu suhu masu eksplantata lavande (*Lavandula angustifolia* Mill.). **F** – fluorescentno svjetlo, **CP** – crveno + plavo LED svjetlo [1:1], **C** – crveno LED svjetlo, **P** – plavo LED svjetlo. **MS-0** – 0,1 mg/L NAA; **MB-1** – 0,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-2** – 1,0 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-3** – 1,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MT-1** – 0,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-2** – 1,0 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-3** – 1,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA.

Povećanje koncentracije 6-BAP-a u podlozi rezultiralo je povećanjem prosječne suve mase pod svim izvorima svjetlosti, a ovaj efekat je bio najizraženiji pod kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla gdje je tretman MB-2 bio statistički visoko značajno efikasniji ($p < 0,001$) od tretmana MB-1.

U tretmanima sa mT-om, povećanje koncentracije ovog citokina pod kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla je dovela do značajnog povećanja suve mase. Sličan trend je uočen i pod crvenim LED svjetlom, iako je porast bio blaži. S druge strane, povećanje koncentracije mT-a pod fluorescentnim svjetlom je dovelo do značajnog smanjenja suve mase, dok je pod plavim LED svjetlom najbolji rezultat ostvaren u tretmanu MT-2.

Pri svim ispitivanim koncentracijama, 6-BAP je bio efikasniji od mT-a pod plavim LED svjetlom, kao i pri gotovo svim koncentracijama pod fluorescentnim svjetlom. Nasuprot tome, mT je pokazao veću efikasnost u poređenju sa 6-BAP-om pod crvenim LED svjetlom i kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla.

Broj novih izdanaka na eksplantatima

Podaci o uticaju različitih tipova svjetlosti i regulatora rasta na prosječan broj novih izdanaka na eksplantatima lavande prikazani su u Tabeli 6.3.

Tabela 6.3. Prosječan broj novih izdanaka na eksplantatima lavande (*Lavandula angustifolia* Mill.) uzgajanim pod različitim izvorima svjetlosti i u MS podlozi sa različitim koncentracijama biljnih regulatora rasta, nakon 6 sedmica uzgoja sa rezultatima dvofaktorijalne analize varijanse. **MS-0** – 0,1 mg/L NAA; **MB-1** – 0,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-2** – 1,0 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-3** – 1,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MT-1** – 0,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-2** – 1,0 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-3** – 1,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA.

Izvor svjetlosti	Biljni regulatori rasta	Broj novih izdanaka			
		$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	Vk (%)		
Fluorescentno	MS-0	1,20 ± 0,04 ^{ijkl}	5,56		
	MB-1	1,53 ± 0,10 ^{ghij}	11,50		
	MB-2	1,60 ± 0,04 ^{fghi}	4,17		
	MB-3	2,42 ± 0,06 ^{ab}	4,20		
	MT-1	1,89 ± 0,06 ^{defg}	5,39		
	MT-2	2,02 ± 0,08 ^{cde}	6,86		
	MT-3	2,24 ± 0,06 ^{abcd}	4,54		
Crveno + plavo LED (1:1)	MS-0	1,11 ± 0,06 ^{kl}	9,17		
	MB-1	1,47 ± 0,04 ^{hijk}	4,55		
	MB-2	1,49 ± 0,06 ^{hij}	6,84		
	MB-3	2,09 ± 0,10 ^{bcd}	8,03		
	MT-1	1,56 ± 0,06 ^{ghij}	6,55		
	MT-2	1,96 ± 0,06 ^{def}	5,21		
	MT-3	2,20 ± 0,04 ^{abcd}	3,03		
Crveno LED	MS-0	1,29 ± 0,06 ^{ijkl}	7,90		
	MB-1	1,71 ± 0,08 ^{efgh}	8,11		
	MB-2	2,16 ± 0,06 ^{bcd}	4,72		
	MB-3	2,40 ± 0,08 ^{ab}	5,56		
	MT-1	2,11 ± 0,06 ^{bcd}	4,82		
	MT-2	2,20 ± 0,04 ^{abcd}	3,03		
	MT-3	2,56 ± 0,06 ^a	3,98		
Plavo LED	MS-0	1,07 ± 0,04 ^l	6,25		
	MB-1	1,33 ± 0,04 ^{ijkl}	5,00		
	MB-2	1,56 ± 0,08 ^{ghij}	8,92		
	MB-3	1,93 ± 0,08 ^{def}	6,90		
	MT-1	1,44 ± 0,06 ^{hijk}	7,05		
	MT-2	1,47 ± 0,08 ^{hijk}	9,09		
	MT-3	2,33 ± 0,10 ^{abc}	7,56		
Analiza varijanse					
Izvor varijacije		df	F	p	η^2_p
Svjetlo		3	67,930	<0,001***	0,784
Biljni regulatori rasta		6	149,627	<0,001***	0,941
Svjetlo * Biljni regulatori rasta		18	4,369	<0,001***	0,584
R ² = 0,833					

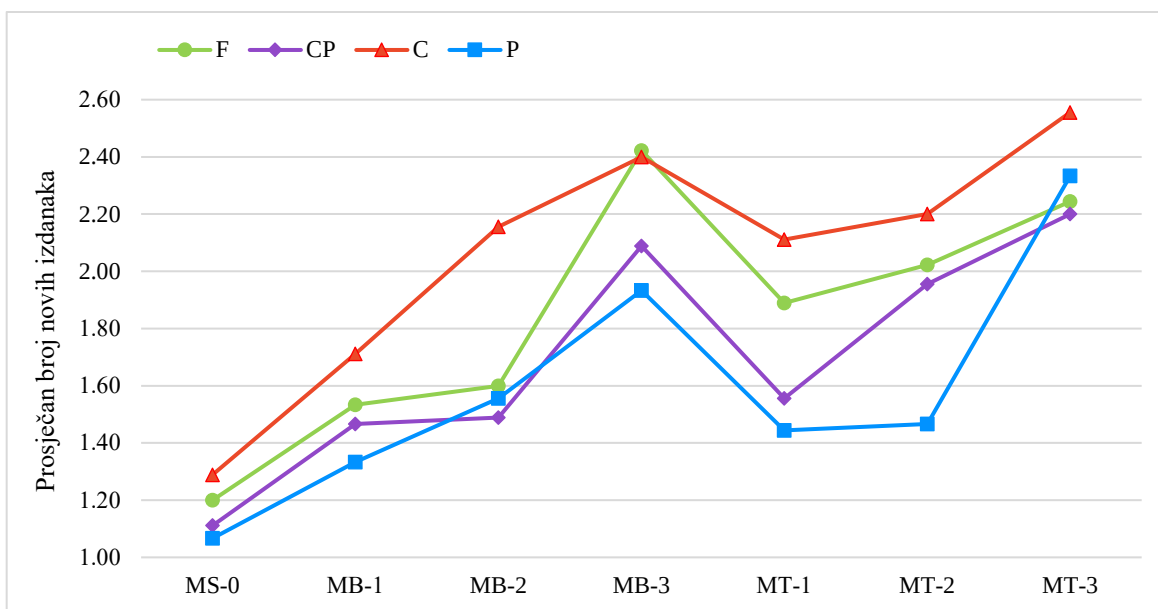
$\bar{X}$ – aritmetička sredina, $S_{\bar{x}}$ – standardna greška aritmetičke sredine, Vk – koeficijent varijacije, df – stepeni slobode, F – F vrijednost, p – statistička značajnost, η^2_p – veličina efekta, R² – koeficijent determinacije.

Srednje vrijednosti obilježene različitim slovima se statistički značajno razlikuju na osnovu Tukijevog HSD testa (p ≤ 0,05) (vidjeti Tabelu P1.1.3. u Prilogu 1).

Najveći prosječan broj novih izdanaka je zabilježen kod eksplantata koji su uzgajani pod crvenim LED svjetlom u MS podlozi sa dodatkom 1,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA (MT-

3; $2,56 \pm 0,06$), dok je najniža prosječna vrijednost zabilježena pod plavim LED svjetlom u MS podlozi bez dodatih citokinina (MS-0; $1,07 \pm 0,04$).

Dvofaktorijalna analiza varijanse je pokazala statistički visoko značajan uticaj ($p < 0,001$), kako pojedinačnih faktora, tako i njihove međusobne interakcije na formiranje novih izdanaka kod eksplantata lavande. Statistički visoko značajan efekat interakcije ukazuje na zavisnost uticaja svjetlosti od primijenjenih regulatora rasta, pri čemu je zabilježen izrazito jak efekat interakcije ($\eta^2_p = 0,584$) na broj novih izdanaka. Takođe, visok koeficijent determinacije ($R^2 = 0,833$) pokazuje da model objašnjava 83,3% ukupne varijacije u ovom parametru. U nastavku je analiziran prosječan broj novih izdanaka kroz kombinacije primijenjenih tretmana (Grafikon 6.3.).



Grafikon 6.3. Uticaj interakcije svjetlosti i biljnih regulatora rasta na prosječan broj novih izdanaka na eksplantatima lavande (*Lavandula angustifolia* Mill.). F – fluorescentno svjetlo, CP – crveno + plavo LED svjetlo [1:1], C – crveno LED svjetlo, P – plavo LED svjetlo. MS-0 – 0,1 mg/L NAA; MB-1 – 0,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; MB-2 – 1,0 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; MB-3 – 1,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; MT-1 – 0,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; MT-2 – 1,0 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; MT-3 – 1,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA.

Posmatrano po svim izvorima svjetlosti, eksplantati uzgajani na MS podlogama sa dodatkom citokinina razvili su statistički visoko značajno veći prosječan broj izdanaka ($p < 0,01$) u poređenju sa onima uzgajanim bez citokinina (MS-0). Izuzetak od ovog trenda predstavljaju tretmani MB-1 pod fluorescentnim svjetlom, kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla, kao i pod plavim LED svjetlom, gdje razlike nisu bile statistički značajne ($p > 0,05$). S druge strane, u tretmanu MB-2 pod fluorescentnim svjetlom i kombinacijom

crvenog i plavog LED svjetla, kao i u tretmanima MT-1 i MT-2 pod plavim LED svjetlom, uočene su statistički značajne razlike ($p < 0,05$).

Eksplantati uzgajani pod crvenim LED svjetlom su razvili veći prosječan broj izdanaka u poređenju sa svim ostalim izvorima svjetlosti, izuzev u tretmanu MB-3, gdje je fluorescentno svjetlo pokazalo nešto veću efikasnost. S druge strane, plavo LED svjetlo je pokazalo najslabiji efekat na formiranje novih izdanaka u odnosu na ostale tipove svjetla, osim u tretmanima MB-2 i MT-3.

Povećanje koncentracije oba tipa citokinina u hranljivoj podlozi dovelo je do povećanja broja novih izdanaka na eksplantatima lavande pod svim primijenjenim izvorima svjetlosti.

Generalno posmatrano, mT je imao bolji uticaj na formiranje novih izdanaka u poređenju sa 6-BAP-om, pod svim tipovima svjetlosti i u većini tretmana biljnim regulatorima rasta. Izuzeci su zabilježeni pri koncentraciji od 1,5 mg/L (MB-3) pod fluorescentnim svjetlom i pri koncentraciji od 1,0 mg/L (MB-2) pod plavim LED svjetlom, gdje je 6-BAP pokazao nešto bolji efekat.

Dužina izdanaka

Tabela 6.4. prikazuje efekte spektralnog sastava svjetlosti i koncentracija biljnih regulatora rasta na prosječnu dužinu izdanaka na eksplantatima lavande.

Najduži izdanci su formirani na eksplantatima uzgajanim pod crvenim LED svjetlom ($45,99 \pm 1,03$ mm) u MS podlozi bez dodatnih citokinina (MS-0). Najkraći izdanci su razvijeni pod kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla u MS podlozi sa dodatkom 1,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA (MT-3; $12,58 \pm 0,40$ mm).

Rezultati dvofaktorijalne analize varijanse su pokazali statistički visoko značajan uticaj ($p < 0,001$), kako pojedinačnih faktora, tako i njihove međusobne interakcije, na rast izdanaka. Model pokazuje srednje jak efekat interakcije ($\eta^2_p = 0,133$), dok koeficijent determinacije ($R^2 = 0,806$) pokazuje da model objašnjava 80,6% ukupne varijacije u dužini izdanaka. Radi detaljnijeg uvida u interakcijski efekat, grafički su prikazane prosječne vrijednosti dužine izdanaka za sve kombinacije tretmana (Grafikon 6.4.).

Tabela 6.4. Prosječna dužina izdanaka na eksplantatima lavande (*Lavandula angustifolia* Mill.) uzgajanim pod različitim izvorima svjetlosti i u MS podlozi sa različitim koncentracijama biljnih regulatora rasta, nakon 6 sedmica uzgoja sa rezultatima dvofaktorijske analize varijanse. **MS-0** – 0,1 mg/L NAA; **MB-1** – 0,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-2** – 1,0 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-3** – 1,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MT-1** – 0,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-2** – 1,0 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-3** – 1,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA.

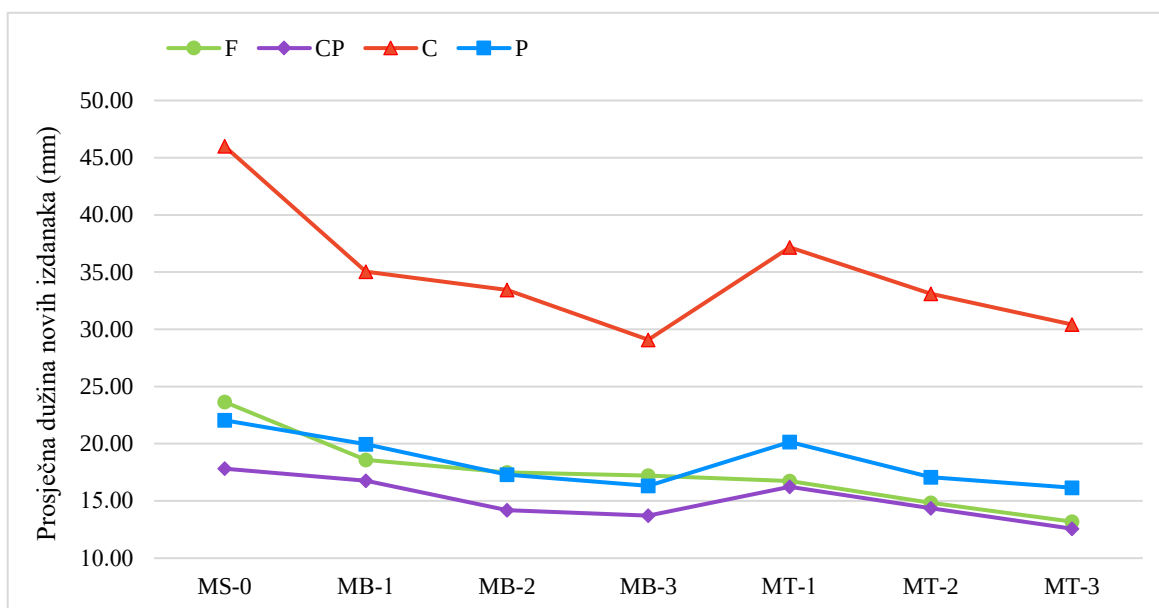
Izvor svjetlosti	Biljni regulatori rasta	Dužina izdanaka (mm)			
		$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	Vk (%)		
Fluorescentno	MS-0	23,65 ± 0,74 ^f	21,02		
	MB-1	18,57 ± 0,52 ^{hij}	18,68		
	MB-2	17,51 ± 0,49 ^{hijkl}	18,81		
	MB-3	17,21 ± 0,49 ^{hijklm}	19,05		
	MT-1	16,73 ± 0,52 ^{ijklmn}	20,80		
	MT-2	14,84 ± 0,48 ^{klmnop}	21,84		
	MT-3	13,19 ± 0,51 ^{op}	25,98		
Crveno + plavo LED (1:1)	MS-0	17,82 ± 0,54 ^{hijk}	20,44		
	MB-1	16,77 ± 0,50 ^{ijklmn}	19,95		
	MB-2	14,19 ± 0,42 ^{mnop}	19,82		
	MB-3	13,72 ± 0,49 ^{nop}	24,08		
	MT-1	16,23 ± 0,42 ^{jklmno}	17,20		
	MT-2	14,36 ± 0,44 ^{lmnop}	20,33		
	MT-3	12,58 ± 0,40 ^p	21,37		
Crveno LED	MS-0	45,99 ± 1,03 ^a	15,01		
	MB-1	35,04 ± 0,83 ^{bc}	15,81		
	MB-2	33,44 ± 0,83 ^{cd}	16,70		
	MB-3	29,09 ± 0,57 ^e	13,13		
	MT-1	37,17 ± 0,78 ^b	13,99		
	MT-2	33,11 ± 0,92 ^{cd}	18,69		
	MT-3	30,43 ± 0,78 ^{de}	17,27		
Plavo LED	MS-0	22,05 ± 0,80 ^{fg}	24,27		
	MB-1	19,97 ± 0,57 ^{ghi}	19,21		
	MB-2	17,29 ± 0,58 ^{hijklm}	22,49		
	MB-3	16,32 ± 0,54 ^{ijklmno}	22,06		
	MT-1	20,16 ± 0,59 ^{gh}	19,59		
	MT-2	17,06 ± 0,54 ^{hijklm}	21,33		
	MT-3	16,16 ± 0,49 ^{ijklmno}	20,28		
Analiza varijanse					
Izvor varijacije		df	F	p	η ² _p
Svjetlo		3	1488,230	<0,001***	0,784
Biljni regulatori rasta		6	99,677	<0,001***	0,327
Svjetlo * Biljni regulatori rasta		18	10,521	<0,001***	0,133
R ² = 0,806					

$\bar{X}$ – aritmetička sredina, $S_{\bar{X}}$ – standardna greška aritmetičke sredine, Vk – koeficijent varijacije, df – stepeni slobode, F – F vrijednost, p – statistička značajnost, η^2_p – veličina efekta, R² – koeficijent determinacije.

Srednje vrijednosti obilježene različitim slovima se statistički značajno razlikuju na osnovu Tukijevog HSD testa (p≤0,05) (vidjeti Tabelu P1.1.4. u Prilogu 1).

Pod svim izvorima svjetla, eksplantati lavande uzgajani na MS podlozi bez dodatnih citokinina (MS-0) su formirali duže izdanke u odnosu na ostale tretmane. Pod fluorescentnim i crvenim LED svjetlima, tretman MS-0 je bio statistički visoko značajno bolji (p<0,001) od svih tretmana koji su sadržavali citokine, dok je pod plavim LED svjetlom ova razlika bila najizraženija sa tretmanima MB-2, MB-3, MT-2 i MT-3. T.

Crveno LED svjetlo imalo je statistički visoko značajan uticaj ($p < 0,001$) na izduživanje izdanaka lavande, nadmašivši sve ostale izvore svjetlosti u svim tretmanima biljnim regulatorima rasta.



Grafikon 6.4. Uticaj interakcije svjetlosti i biljnih regulatora rasta na prosječnu dužinu izdanaka na eksplantatima lavande (*Lavandula angustifolia* Mill.). **F** – fluorescentno svjetlo, **CP** – crveno + plavo LED svjetlo [1:1], **C** – crveno LED svjetlo, **P** – plavo LED svjetlo. **MS-0** – 0,1 mg/L NAA; **MB-1** – 0,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-2** – 1,0 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-3** – 1,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MT-1** – 0,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-2** – 1,0 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-3** – 1,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA.

Povećanje koncentracije oba tipa citokinina u podlozi je dovelo do smanjenja prosječne dužine izdanaka pod svim tipovima svjetla, s tim da su ove razlike bile najizraženije pod crvenim LED svjetlom.

Generalno posmatrano, 6-BAP je imao izraženiji efekat na izduživanje izdanaka u poređenju sa mT-om pod fluorescentnim svjetlom, kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla, kao i pod plavim LED svjetlom. S druge strane pod, crvenim LED svjetlom, mT je pokazao nešto izraženiji efekat u odnosu na 6-BAP.

Broj nodusa na izdancima

Podaci o uticaju svjetla i biljnih regulatora rasta na prosječan broj nodusa na izdancima eksplantata lavande su navedeni u Tabeli 6.5.

Tabela 6.5. Prosječan broj nodusa na izdancima eksplantata lavande (*Lavandula angustifolia* Mill.) uzgajanim pod različitim izvorima svjetlosti i u MS podlozi sa različitim koncentracijama biljnih regulatora rasta, nakon 6 sedmica uzgoja sa rezultatima dvofaktorijalne analize varijanse. **MS-0** – 0,1 mg/L NAA; **MB-1** – 0,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-2** – 1,0 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-3** – 1,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MT-1** – 0,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-2** – 1,0 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-3** – 1,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA.

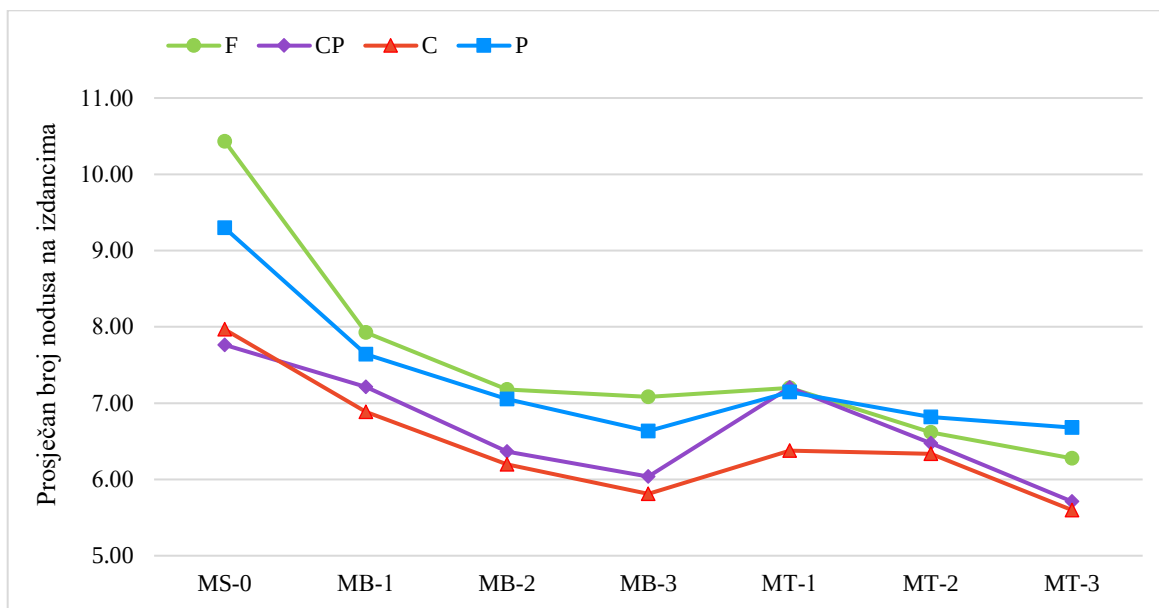
Izvor svjetlosti	Biljni regulatori rasta	Broj nodusa			
		$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	Vk (%)		
Fluorescentno	MS-0	10,43 ± 0,16 ^a	4,69		
	MB-1	7,93 ± 0,10 ^c	3,93		
	MB-2	7,18 ± 0,23 ^{cdefg}	9,60		
	MB-3	7,08 ± 0,17 ^{cdefg}	7,25		
	MT-1	7,20 ± 0,18 ^{cdef}	7,60		
	MT-2	6,61 ± 0,17 ^{fghi}	7,88		
Crveno + plavo LED (1:1)	MT-3	6,28 ± 0,16 ^{fghij}	7,84		
	MS-0	7,76 ± 0,19 ^{cd}	7,38		
	MB-1	7,21 ± 0,16 ^{cdef}	6,71		
	MB-2	6,37 ± 0,20 ^{fghij}	9,53		
	MB-3	6,04 ± 0,20 ^{hij}	9,81		
	MT-1	7,20 ± 0,18 ^{cdef}	7,67		
Crveno LED	MT-2	6,48 ± 0,16 ^{fghij}	7,23		
	MT-3	5,71 ± 0,15 ^{ij}	7,76		
	MS-0	7,97 ± 0,23 ^c	8,55		
	MB-1	6,88 ± 0,17 ^{defgh}	7,54		
	MB-2	6,20 ± 0,18 ^{ghij}	8,55		
	MB-3	5,81 ± 0,17 ^{ij}	8,86		
Plavo LED	MT-1	6,38 ± 0,14 ^{fghij}	6,64		
	MT-2	6,34 ± 0,18 ^{fghij}	8,70		
	MT-3	5,60 ± 0,20 ^j	10,88		
	MS-0	9,30 ± 0,21 ^b	6,83		
	MB-1	7,64 ± 0,21 ^{cde}	8,10		
	MB-2	7,05 ± 0,24 ^{cdefg}	10,16		
	MB-3	6,63 ± 0,21 ^{fghi}	9,46		
	MT-1	7,14 ± 0,15 ^{cdefg}	6,15		
	MT-2	6,82 ± 0,23 ^{defgh}	10,01		
	MT-3	6,68 ± 0,16 ^{efghi}	7,16		
Analiza varijanse					
Izvor varijacije		df	F	p	η ² _p
Svjetlo		3	53,714	<0,001***	0,418
Biljni regulatori rasta		6	101,051	<0,001***	0,730
Svjetlo * Biljni regulatori rasta		18	4,694	<0,001***	0,274
R ² = 0,767					

$\bar{X}$ – aritmetička sredina, $S_{\bar{X}}$ – standardna greška aritmetičke sredine, Vk – koeficijent varijacije, df – stepeni slobode, F – F vrijednost, p – statistička značajnost, η^2_p – veličina efekta, R² – koeficijent determinacije.

Srednje vrijednosti obilježene različitim slovima se statistički značajno razlikuju na osnovu Tukijevog HSD testa (p≤0,05) (vidjeti Tabelu P1.1.5. u Prilogu 1).

Najveći prosječan broj nodusa zabilježen je kod eksplantata uzgajanih pod fluorescentnim svjetlom u MS podlozi bez dodanih citokinina (MS-0; 10,43 $\pm$ 0,16). Najniži prosječan broj nodusa utvrđen je kod eksplantata uzgajanih pod crvenim LED svjetlom u MS podlozi sa dodatkom 1,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA (MT-3; 5,60 $\pm$ 0,20).

Dvofaktorijalna analiza varijanse je pokazala statistički visoko značajan uticaj ($p < 0,001$), kako spektralnog sastava svjetlosti i biljnih regulatora rasta, tako i njihove međusobne interakcije, na formiranje nodusa na izdancima. Model pokazuje jak efekat interakcije ($\eta^2_p = 0,274$), dok koeficijent determinacije ($R^2 = 0,767$) pokazuje da model objašnjava 76,7 % ukupne varijacije u broju nodusa. Međusobni uticaj svjetlosti i regulatora rasta je dodatno sagledan kroz analizu prosječnog broja nodusa u interakcijama pojedinačnih faktora (Grafikon 6.5.).



Grafikon 6.5. Uticaj interakcije svjetlosti i biljnih regulatora rasta na prosječan broj nodusa na izdancima eksplantata lavande (*Lavandula angustifolia* Mill.). **F** – fluorescentno svjetlo, **CP** – crveno + plavo LED svjetlo [1:1], **C** – crveno LED svjetlo, **P** – plavo LED svjetlo. **MS-0** – 0,1 mg/L NAA; **MB-1** – 0,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-2** – 1,0 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-3** – 1,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MT-1** – 0,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-2** – 1,0 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-3** – 1,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA.

Posmatrano po tipovima svjetlosti, eksplantati uzgajani na MS podlozi bez dodatnih citokina (MS-0) su razvili viši prosječan broj nodusa u poređenju sa tretmanima koji su sadržavali citokine. Ove razlike su bile naročito izražene ($p < 0,001$) u poređenju sa svim tretmanima sa dodatkom citokina pod fluorescentnim svjetlom, crvenim LED svjetlom i plavim LED svjetlom. S druge strane, pod kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla, izražene razlike su se pojavile u poređenju sa tretmanima koji su sadržavali 1,0 mg/L (MB-2 i MT-2) i 1,5 mg/L (MB-3 i MT-3) citokina.

U poređenju sa ostalim izvorima svjetlosti, fluorescentno svjetlo imalo je najpovoljniji efekat na formiranje nodusa, osim u tretmanima MT-2 i MT-3, gdje je plavo LED svjetlo pokazalo bolji učinak.

Porast koncentracije oba tipa citokinina rezultirao je smanjenjem prosječnog broja nodusa na izdancima, bez obzira na primijenjeni izvor svjetlosti.

U poređenju s mT-om, 6-BAP je pokazao izraženiji efekat na formiranje nodusa pod svim izvorima svjetlosti, osim u tretmanima MT-2 pod crvenim i kombinovanim LED svjetlom, te MT-3 pod plavim LED svjetlom, gdje je mT imao bolji učinak.

6.1.2. Faza *in vitro* ukorjenjavanja

Procenat in vitro ukorjenjavanja

Uticaj svjetlosnog spektra i biljnih regulatora rasta na procenat *in vitro* ukorjenjavanja eksplantata lavande prikazan je u Tabeli 6.6.

Najveći procenat *in vitro* ukorjenjavanja je zabilježen kod eksplantata uzgajanih pod crvenim LED svjetlom na MS podlozi sa dodatkom 0,1mg/L 6-BAP + 0,5 mg/L IBA (MKM-3; $57,75 \pm 5,88$ %), dok je najniži procenat ukorjenjavanja ($6,67 \pm 0,00$ %) utvrđen kod eksplantata tretiranih sa 0,1 mg/L 6-BAP-a bez dodatih auksina (MKB-0), pod plavim LED svjetlom.

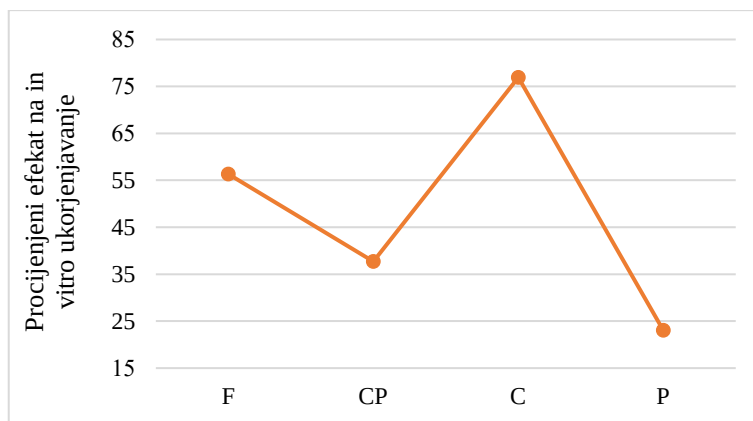
ART analiza varijanse je pokazala statistički visoko značajan uticaj izvora svjetlosti ($p < 0,001$) i biljnih regulatora rasta ($p < 0,001$) na procenat ukorjenjavanja eksplantata lavande, dok njihov međusobni efekat nije bio statistički značajan ($p = 0,954$). Model pokazuje veoma snažan efekat izvora svjetlosti na procenat *in vitro* ukorjenjavanja ($\eta^2_p = 0,536$), dok biljni regulatori rasta imaju još izraženiji uticaj ($\eta^2_p = 0,774$). Efekti pojedinačnih faktora analizirani su na osnovu procijenjenih vrijednosti procenta *in vitro* ukorjenjavanja dobijenih primjenom ART modela, pri čemu je svaki faktor posmatran zasebno (Grafikoni 6.6. i 6.7.). Prikaz procijenjenih vrijednosti na grafikonima obezbjeđuje valjanost testiranja u uslovima odstupanja od pretpostavki klasične analize varijanse.

Tabela 6.6. Procenat *in vitro* ukorjenjavanja eksplantata lavande (*Lavandula angustifolia* Mill.) uzgajanih pod različitim izvorima svjetlosti i u MS podlozi sa različitim koncentracijama biljnih regulatora rasta, nakon 6 sedmica uzgoja. U tabeli su prikazani i rezultati ART analize varijanse. **MKB-0** – 0,1 mg/L 6-BAP; **MKB-1** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L IBA; **MKB-2** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,3 mg/L IBA; **MKB-3** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,5 mg/L IBA; **MKM-0** – 0,1 mg/L mT; **MKM-1** – 0,1 mg/L mT + 0,1 mg/L IBA; **MKM-2** – 0,1 mg/L mT + 0,3 mg/L IBA; **MKM-3** – 0,1 mg/L mT + 0,5 mg/L IBA.

Izvor svjetlosti	Biljni regulatori rasta	In vitro ukorjenjavanje (%)			
		$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	Vk (%)		
Fluorescentno	MKB-0	13,33 ± 0,00 ^{Be}	0,00		
	MKB-1	20,00 ± 3,85 ^{Bcd}	33,33		
	MKB-2	26,67 ± 3,85 ^{Bbc}	25,00		
	MKB-3	33,33 ± 3,85 ^{Bab}	20,00		
	MKM-0	17,78 ± 2,22 ^{Bde}	21,65		
	MKM-1	28,89 ± 5,88 ^{Bbc}	35,25		
	MKM-2	33,33 ± 3,85 ^{Bab}	20,00		
Crveno + plavo LED (1:1)	MKB-0	8,89 ± 2,22 ^{Ce}	43,30		
	MKB-1	13,33 ± 0,00 ^{Ccd}	0,00		
	MKB-2	26,67 ± 3,85 ^{Cbc}	25,00		
	MKB-3	31,11 ± 5,88 ^{Cab}	32,73		
	MKM-0	11,11 ± 2,22 ^{Cde}	34,64		
	MKM-1	20,00 ± 3,85 ^{Cbc}	33,33		
	MKM-2	31,11 ± 5,88 ^{Cab}	32,73		
Crveno LED	MKB-0	15,56 ± 2,22 ^{Ae}	24,74		
	MKB-1	28,89 ± 5,88 ^{Accd}	35,25		
	MKB-2	33,33 ± 3,85 ^{Abc}	20,00		
	MKB-3	40,00 ± 3,85 ^{Aab}	16,67		
	MKM-0	20,00 ± 3,85 ^{Ade}	33,33		
	MKM-1	35,56 ± 5,88 ^{Abc}	28,64		
	MKM-2	42,22 ± 5,88 ^{Aab}	24,12		
Plavo LED	MKB-0	57,78 ± 5,88 ^{Aa}	17,63		
	MKB-1	6,67 ± 0,00 ^{Ce}	0,00		
	MKB-2	11,11 ± 2,22 ^{Ccd}	34,64		
	MKB-3	15,56 ± 2,22 ^{Cbc}	24,74		
	MKB-0	26,67 ± 3,85 ^{Cab}	25,00		
	MKM-0	13,33 ± 0,00 ^{Cde}	0,00		
	MKM-1	17,78 ± 2,22 ^{Cbc}	21,65		
Plavo LED	MKM-2	26,67 ± 3,85 ^{Cab}	25,00		
	MKM-3	28,89 ± 5,88 ^{Ca}	35,25		
ART analiza varijanse					
Izvor varijacije		df	F	p	η ² _p
Svjetlo		3	24,669	<0,001***	0,536
Biljni regulatori rasta		7	31,236	<0,001***	0,774
Svjetlo * Biljni regulatori rasta		21	0,514	0,954	0,144

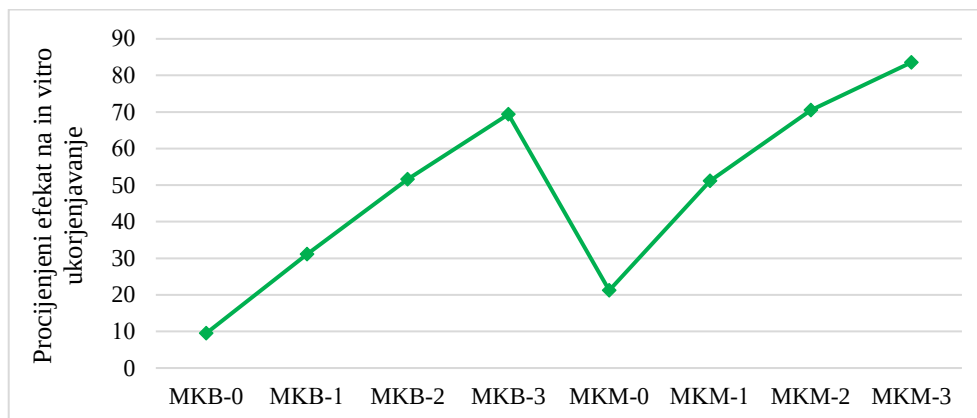
$\bar{X}$ – aritmetička sredina, $S_{\bar{X}}$ – standardna greška aritmetičke sredine, Vk – koeficijent varijacije, df – stepeni slobode, F – F vrijednost, p – statistička značajnost, η^2_p – veličina efekta.

Srednje vrijednosti obilježene različitim slovima se statistički značajno razlikuju na osnovu Tukijevog HSD testa ($p \leq 0,05$) koji je sproveden na procijenjenim srednjim vrijednostima. Pošto interakcija između faktora nije bila statistički značajna, efekti glavnih faktora su analizirani odvojeno, pri čemu su izvori svjetlosti označeni velikim slovima (A, B, C), a tretmani biljnim regulatorima rasta malim slovima (a, b, c, d, e) (vidjeti Tabelu P1.1.6. i Tabelu P1.1.7. u Prilogu 1).



Grafikon 6.6. Uticaj svjetlosti na procenat *in vitro* ukorjenjavanja eksplantata lavande (*Lavandula angustifolia* Mill.) analiziran na osnovu procijenjenih vrijednosti dobijenih primjenom ART modela. **F** – fluorescentno svjetlo, **CP** – crveno + plavo LED svjetlo [1:1], **C** – crveno LED svjetlo, **P** – plavo LED svjetlo.

Crveno LED svjetlo je imalo statistički visoko značajan efekat *in vitro* ukorjenjavanje ($p < 0,001$) u poređenju sa ostalim LED izvorima svjetlosti, odnosno značajan efekat ($p < 0,05$) u poređenju sa fluorescentnim svjetlom. Najlošiji efekat na ukorjenjavanje je imalo plavo LED svjetlo, koje se statistički nije razlikovalo od kombinacije crvenog i plavog LED svjetla ($p > 0,05$).



Grafikon 6.7. Uticaj biljnih regulatora rasta na procenat *in vitro* ukorjenjavanja eksplantata lavande (*Lavandula angustifolia* Mill.) analiziran na osnovu procijenjenih vrijednosti dobijenih primjenom ART modela. **MKB-0** – 0,1 mg/L 6-BAP; **MKB-1** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L IBA; **MKB-2** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,3 mg/L IBA; **MKB-3** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,5 mg/L IBA; **MKM-0** – 0,1 mg/L mT; **MKM-1** – 0,1 mg/L mT + 0,1 mg/L IBA; **MKM-2** – 0,1 mg/L mT + 0,3 mg/L IBA; **MKM-3** – 0,1 mg/L mT + 0,5 mg/L IBA.

Povećanje koncentracije IBA-e u MS podlozi je rezultiralo povećanjem procenta *in vitro* ukorjenjavanja. Tretmani sa dodatkom auksina su bili statistički značajno uspješniji ($p < 0,001$) u odnosu na tretmane bez auksina, bez obzira na tip citokina u podlozi (MKB-0 i MKM-0). Tretmani koji su sadržavali mT su generalno dali bolje rezultate u odnosu na one sa 6-BAP-om.

Broj korjenova

U Tabeli 6.7. su predstavljeni rezultati analize uticaja spektra svjetlosti i biljnih regulatora rasta na prosječan broj korjenova na ukorijenjenim eksplantatima lavande.

Tabela 6.7. Prosječan broj korjenova na ukorijenjenim eksplantatima lavande (*Lavandula angustifolia* Mill.) uzgajanim pod različitim izvorima svjetlosti i u MS podlozi sa različitim koncentracijama biljnih regulatora rasta, nakon 6 sedmica uzgoja. U tabeli su prikazani i rezultati ART analize varijanse. **MKB-0** – 0,1 mg/L 6-BAP; **MKB-1** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L IBA; **MKB-2** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,3 mg/L IBA; **MKB-3** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,5 mg/L IBA; **MKM-0** – 0,1 mg/L mT; **MKM-1** – 0,1 mg/L mT + 0,1 mg/L IBA; **MKM-2** – 0,1 mg/L mT + 0,3 mg/L IBA; **MKM-3** – 0,1 mg/L mT + 0,5 mg/L IBA.

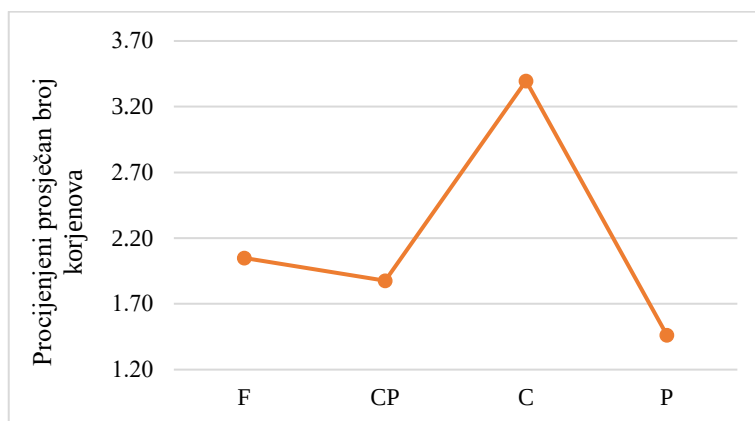
Izvor svjetlosti	Biljni regulatori rasta	Broj korjenova			
		$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	Vk (%)		
Fluorescentno	MKB-0	1,50 ± 0,22 ^{Bb}	36,51		
	MKB-1	2,20 ± 0,25 ^{Bab}	25,91		
	MKB-2	1,94 ± 0,18 ^{Bab}	25,57		
	MKB-3	2,48 ± 0,20 ^{Ba}	24,78		
	MKM-0	2,60 ± 0,29 ^{Ba}	25,07		
	MKM-1	2,29 ± 0,21 ^{Ba}	24,80		
	MKM-2	2,85 ± 0,25 ^{Ba}	24,86		
Crveno + plavo LED (1:1)	MKB-3	2,24 ± 0,20 ^{Ba}	26,33		
	MKB-0	1,50 ± 0,29 ^{Bb}	38,49		
	MKB-1	1,50 ± 0,22 ^{Bab}	36,51		
	MKB-2	1,79 ± 0,18 ^{Bab}	27,33		
	MKB-3	2,67 ± 0,19 ^{Ba}	20,96		
	MKM-0	2,20 ± 0,37 ^{Ba}	38,03		
	MKM-1	2,25 ± 0,21 ^{Ba}	23,31		
Crveno LED	MKM-2	2,44 ± 0,29 ^{Ba}	33,68		
	MKM-3	2,56 ± 0,16 ^{Ba}	19,29		
	MKB-0	2,75 ± 0,25 ^{Ab}	22,27		
	MKB-1	2,83 ± 0,19 ^{Aab}	19,73		
	MKB-2	3,00 ± 0,21 ^{Aab}	19,92		
	MKB-3	3,19 ± 0,20 ^{Aa}	18,40		
	MKM-0	3,06 ± 0,31 ^{Aa}	28,19		
Plavo LED	MKM-1	3,09 ± 0,27 ^{Aa}	26,28		
	MKM-2	3,22 ± 0,19 ^{Aa}	18,10		
	MKM-3	3,35 ± 0,23 ^{Aa}	21,01		
	MKB-0	1,00 ± 0,00 ^{Bb}	0,00		
	MKB-1	2,00 ± 0,41 ^{Bab}	40,82		
	MKB-2	1,92 ± 0,33 ^{Bab}	41,79		
	MKB-3	1,94 ± 0,23 ^{Ba}	35,08		
ART analiza varijanse	MKM-0	1,75 ± 0,32 ^{Ba}	36,89		
	MKM-1	2,17 ± 0,21 ^{Ba}	23,83		
	MKM-2	2,29 ± 0,23 ^{Ba}	28,23		
	MKM-3	2,00 ± 0,20 ^{Ba}	30,62		
	ART analiza varijanse				
	Izvor varijacije	df	F	p	η ² _p
	Svjetlo	3	30,129	<0,001***	0,317
Biljni regulatori rasta	7	4,426	<0,001***	0,137	
Svjetlo * Biljni regulatori rasta	21	0,722	0,751	0,077	

$\bar{X}$ – aritmetička sredina, $S_{\bar{x}}$ – standardna greška aritmetičke sredine, Vk – koeficijent varijacije, df – stepeni slobode, F – F vrijednost, p – statistička značajnost, η^2_p – veličina efekta.

Srednje vrijednosti obilježene različitim slovima se statistički značajno razlikuju na osnovu Tukijevog HSD testa ($p \leq 0,05$) koji je sproveden na procijenjenim srednjim vrijednostima. Pošto interakcija između faktora nije bila statistički značajna, efekti glavnih faktora su analizirani odvojeno, pri čemu su izvori svjetlosti označeni velikim slovima (A, B), a tretmani biljnim regulatorima rasta malim slovima (a, b) (vidjeti Tabelu P1.1.8. i Tabelu P1.1.9. u Prilogu 1).

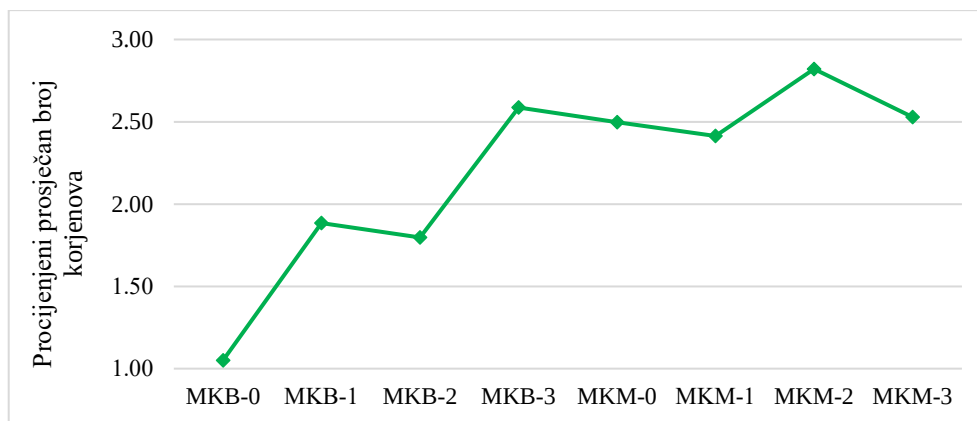
Najveći prosječan broj korjenova zabilježen je kod eksplantata koji su ukorijenjeni pod crvenim LED svjetlom u MS podlozi sa dodatkom 0,1 mg/L mT + 0,5 mg/L IBA (MKM-3; $3,35 \pm 0,23$), dok je najniža prosječna vrijednost zabilježena pod plavim LED svjetlom u MS podlozi sa 0,1 mg/L 6-BAP-a i bez dodatih auksina (MKB-0; $1,00 \pm 0,00$).

Rezultati ART analize varijanse su pokazali statistički visoko značajan uticaj izvora svjetlosti ($p < 0,001$), kao i biljnih regulatora rasta ($p < 0,001$) na prosječan broj korjenova na ukorijenjenim eksplantatima lavande, dok njihov međusobni efekat nije bio statistički značajan ($p = 0,751$). Model pokazuje veoma snažan efekat izvora svjetlosti ($\eta^2_p = 0,317$), dok biljni regulatori rasta imaju srednje jak uticaj ($\eta^2_p = 0,137$). Efekti pojedinačnih faktora analizirani su na osnovu procijenjenih vrijednosti prosječnog broja korjenova dobijenih primjenom ART modela, pri čemu je svaki faktor posmatran zasebno (Grafikoni 6.8. i 6.9.). Prikaz procijenjenih vrijednosti na grafikonima obezbjeđuje valjanost testiranja u uslovima odstupanja od pretpostavki klasične analize varijanse.



Grafikon 6.8. Uticaj svjetlosti na prosječan broj korjenova na ukorijenjenim eksplantatima lavande (*Lavandula angustifolia* Mill.) analiziran na osnovu procijenjenih vrijednosti dobijenih primjenom ART modela. **F** – fluorescentno svjetlo, **CP** – crveno + plavo LED svjetlo [1:1], **C** – crveno LED svjetlo, **P** – plavo LED svjetlo.

Crveno LED svjetlo je imalo statistički visoko značajan efekat na procijenjeni prosječan broj korjenova ($p < 0,001$) u poređenju sa ostalim izvorima svjetlosti. Najlošiji efekat na razvoj korjenova je imalo plavo LED svjetlo, koje se statistički nije razlikovalo od fluorescentnog svjetla i kombinacije crvenog i plavog LED svjetla ($p > 0,05$).



Grafikon 6.9. Uticaj biljnih regulatora rasta na prosječan broj korjenova na ukorijenjenim eksplantatima lavande (*Lavandula angustifolia* Mill.) analiziran na osnovu procijenjenih vrijednosti dobijenih primjenom ART modela. **MKB-0** – 0,1 mg/L 6-BAP; **MKB-1** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L IBA; **MKB-2** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,3 mg/L IBA; **MKB-3** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,5 mg/L IBA; **MKM-0** – 0,1 mg/L mT; **MKM-1** – 0,1 mg/L mT + 0,1 mg/L IBA; **MKM-2** – 0,1 mg/L mT + 0,3 mg/L IBA; **MKM-3** – 0,1 mg/L mT + 0,5 mg/L IBA.

Povećanje koncentracije IBA-e u MS podlozi rezultiralo je povećanjem procijenjenog prosječnog broja korjenova kod oba tipa citokinina. Tretman MKB-3 pokazao je statistički visoko značajnu razliku u poređenju s tretmanom MKB-0 ($p < 0,01$), dok razlike u odnosu na ostale tretmane koji su sadržavali 6-BAP nisu bile statistički značajne. S druge strane, u okviru tretmana s mT-om, nisu uočene statistički značajne razlike između MKM-0 i tretmana koji su sadržavali IBA-u. Tretmani sa mT-om generalno su dali veći broj korjenova u poređenju sa onima sa 6-BAP-om, pri čemu je najviši procijenjeni prosječan broj korjenova zabilježen u tretmanu MKM-2.

Dužina korijena

Podaci o uticaju različitih tipova svjetlosti i regulatora rasta na prosječnu dužinu korijena eksplantata lavande prikazani su u Tabeli 6.8.

Najveća prosječna dužina korijena zabilježena je kod eksplantata koji su ukorijenjeni pod crvenim LED svjetlom u MS podlozi sa dodatkom 0,1 mg/L mT + 0,5 mg/L IBA (MKM-3; $63,16 \pm 2,33$ mm), dok je najniža prosječna vrijednost zabilježena pod kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla u MS podlozi sa 0,1 mg/L 6-BAP-a i bez dodatog auksina (MKB-0; $20,82 \pm 2,15$ mm).

Tabela 6.8. Prosječna dužina korijena na ukorijenjenim eksplantatima lavande (*Lavandula angustifolia* Mill.) uzgajanim pod različitim izvorima svjetlosti i u MS podlozi sa različitim koncentracijama biljnih regulatora rasta, nakon 6 sedmica uzgoja. U tabeli su prikazani i rezultati ART analize varijanse. **MKB-0** – 0,1 mg/L 6-BAP; **MKB-1** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L IBA; **MKB-2** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,3 mg/L IBA; **MKB-3** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,5 mg/L IBA; **MKM-0** – 0,1 mg/L mT; **MKM-1** – 0,1 mg/L mT + 0,1 mg/L IBA; **MKM-2** – 0,1 mg/L mT + 0,3 mg/L IBA; **MKM-3** – 0,1 mg/L mT + 0,5 mg/L IBA.

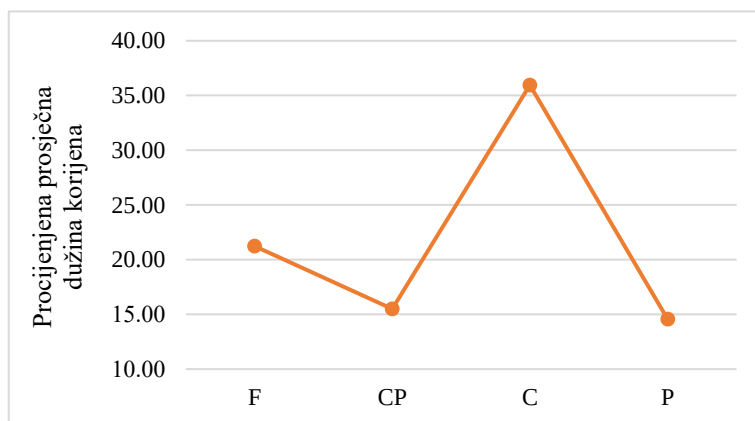
Izvor svjetlosti	Biljni regulatori rasta	Dužina korijena (mm)			
		$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	Vk (%)		
Fluorescentno	MKB-0	32,81 ± 1,90 ^{Be}	14,20		
	MKB-1	38,89 ± 2,32 ^{Bcd}	13,37		
	MKB-2	39,72 ± 2,47 ^{Bc}	17,62		
	MKB-3	48,30 ± 2,00 ^{Bb}	12,41		
	MKM-0	37,30 ± 2,44 ^{Bde}	14,65		
	MKM-1	45,26 ± 2,37 ^{Bb}	13,85		
	MKM-2	48,97 ± 1,88 ^{Bb}	10,85		
	MKM-3	53,11 ± 1,90 ^{Ba}	10,75		
Crveno + plavo LED (1:1)	MKB-0	20,82 ± 2,15 ^{Ce}	20,67		
	MKB-1	34,10 ± 2,38 ^{Ccd}	17,12		
	MKB-2	40,19 ± 1,59 ^{Cc}	10,46		
	MKB-3	46,71 ± 2,06 ^{Cb}	13,26		
	MKM-0	26,27 ± 1,99 ^{Cde}	16,97		
	MKM-1	40,54 ± 1,84 ^{Cb}	11,11		
	MKM-2	45,84 ± 1,88 ^{Cb}	11,62		
	MKM-3	55,25 ± 2,35 ^{Ca}	12,75		
Crveno LED	MKB-0	42,03 ± 2,32 ^{Ae}	13,50		
	MKB-1	48,82 ± 1,88 ^{Ac}	11,58		
	MKB-2	49,29 ± 2,16 ^{Ac}	12,41		
	MKB-3	54,55 ± 1,99 ^{Ab}	10,93		
	MKM-0	47,67 ± 1,81 ^{Ade}	10,76		
	MKM-1	54,53 ± 1,91 ^{Ab}	10,52		
	MKM-2	56,39 ± 1,64 ^{Ab}	8,72		
	MKM-3	63,16 ± 2,33 ^{Aa}	11,08		
Plavo LED	MKB-0	22,00 ± 1,87 ^{Ce}	14,72		
	MKB-1	32,58 ± 3,33 ^{Ccd}	20,47		
	MKB-2	35,80 ± 1,74 ^{Cc}	11,92		
	MKB-3	46,10 ± 1,40 ^{Cb}	9,12		
	MKM-0	26,71 ± 1,78 ^{Cde}	13,33		
	MKM-1	41,13 ± 1,58 ^{Cb}	9,40		
	MKM-2	42,23 ± 1,61 ^{Cb}	10,78		
	MKM-3	52,96 ± 2,13 ^{Ca}	12,06		
ART analiza varijanse					
Izvor varijacije		df	F	p	η ² _p
Svjetlo		3	52,533	<0,001***	0,447
Biljni regulatori rasta		7	48,237	<0,001***	0,634
Svjetlo * Biljni regulatori rasta		21	1,594	0,06	0,147

$\bar{X}$ – aritmetička sredina, $S_{\bar{X}}$ – standardna greška aritmetičke sredine, Vk – koeficijent varijacije, df – stepeni slobode, F – F vrijednost, p – statistička značajnost, η^2_p – veličina efekta.

Srednje vrijednosti obilježene različitim slovima se statistički značajno razlikuju na osnovu Tukijevog HSD testa ($p \leq 0,05$) koji je sproveden na procijenjenim srednjim vrijednostima. Pošto interakcija između faktora nije bila statistički značajna, efekti glavnih faktora su analizirani odvojeno, pri čemu su izvori svjetlosti označeni velikim slovima (A, B, C), a tretmani biljnim regulatorima rasta malim slovima (a, b, c, d, e) (vidjeti Tabelu P1.1.10. i Tabelu P1.1.11. u Prilogu 1).

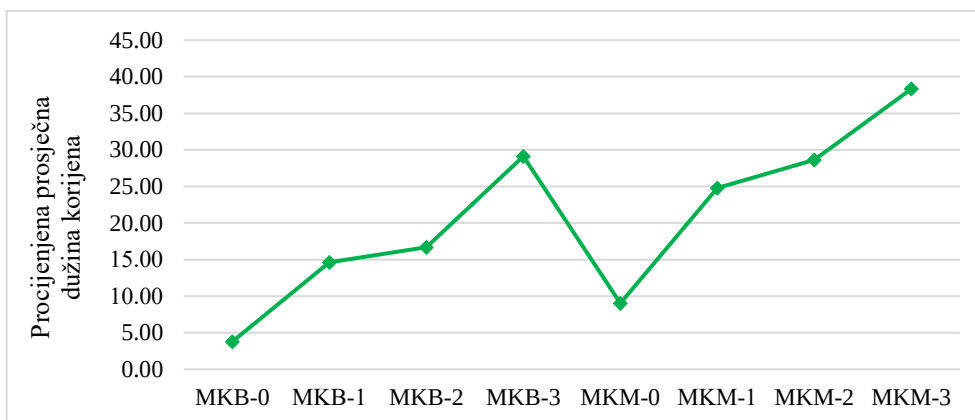
Rezultati ART analize varijanse su pokazali statistički visoko značajan uticaj izvora svjetlosti ($p < 0,001$), kao i biljnih regulatora rasta ($p < 0,001$) na prosječan broj korjenova na ukorijenjenim eksplantatima lavande, dok njihov međusobni efekat nije bio statistički

značajan ($p=0,06$). Iako je uticaj izvora svjetlosti bio snažan ($\eta^2_p = 0,447$), biljni regulatori rasta su pokazali još jači efekat ($\eta^2_p = 0,634$) na izduživanje korijena. Efekti pojedinačnih faktora analizirani su na osnovu procijenjenih vrijednosti prosječne dužine korijena dobijenih primjenom ART modela, pri čemu je svaki faktor posmatran zasebno (Grafikoni 6.10. i 6.11.). Prikaz procijenjenih vrijednosti na grafikonima obezbjeđuje valjanost testiranja u uslovima odstupanja od pretpostavki klasične analize varijanse.



Grafikon 6.10. Uticaj svjetlosti na prosječnu dužinu korijena na ukorijenjenim eksplantatima lavande (*Lavandula angustifolia* Mill.) analiziran na osnovu procijenjenih vrijednosti dobijenih primjenom ART modela. **F** – fluorescentno svjetlo, **CP** – crveno + plavo LED svjetlo [1:1], **C** – crveno LED svjetlo, **P** – plavo LED svjetlo.

U poređenju sa ostalim izvorima svjetlosti, crveno LED svjetlo je imalo statistički visoko značajan efekat na dužinu korijena ($p<0,001$). Plavo LED svjetlo imalo je najslabiji efekat na izduživanje korijena, pri čemu nije uočena statistički značajna razlika u odnosu na kombinaciju crvenog i plavog LED svjetla. Međutim, u poređenju s fluorescentnim svjetlom zabilježena je statistički značajna razlika ($p < 0,05$).



Grafikon 6.11. Uticaj biljnih regulatora rasta na prosječnu dužinu korijena na ukorijenjenim eksplantatima lavande (*Lavandula angustifolia* Mill.) analiziran na osnovu procijenjenih vrijednosti dobijenih primjenom ART modela. **MKB-0** – 0,1 mg/L 6-BAP; **MKB-1** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L IBA; **MKB-2** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,3 mg/L IBA; **MKB-3** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,5 mg/L IBA; **MKM-0** – 0,1 mg/L mT; **MKM-1** – 0,1 mg/L mT + 0,1 mg/L IBA; **MKM-2** – 0,1 mg/L mT + 0,3 mg/L IBA; **MKM-3** – 0,1 mg/L mT + 0,5 mg/L IBA.

Povećanje koncentracije IBA-e u MS podlozi rezultiralo je povećanjem procijenjene prosječne dužine korijena kod oba tipa citokinina. Tretmani koji su sadržavali IBA-u su imali statistički visoko značajno duži korijen ($p < 0,001$) u odnosu na tretmane bez auksina (MKB-0 i MMK-0).

6.1.3. Aklimatizacija i stopa preživljavanja biljaka u *ex vitro* uslovima

Tabela 6.9. prikazuje efekte spektralnog sastava svjetlosti i koncentracije biljnih regulatora rasta na stopu preživljavanja biljaka lavande nakon dvije sedmice aklimatizacije, a u zavisnosti od tretmana primijenjenih u fazi *in vitro* ukorjenjavanja.

Najveća stopa preživljavanja biljaka lavande u *ex vitro* uslovima je zabilježena kod eksplantata koji su ukorijenjeni pod crvenim LED svjetlom u MS podlozi sa dodatkom 0,1 mg/L mT + 0,5 mg/L IBA (MKM-3; $51,11 \pm 5,88$ %). S druge strane, najniža stopa preživljavanja ($6,67 \pm 0,00$ %) zabilježena je kod eksplantata ukorijenjenih pod kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla, u MS podlogama sa dodatkom 0,1 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L IBA (MKB-1) i 0,1 mg/L mT + 0,1 mg/L IBA (MKM-1).

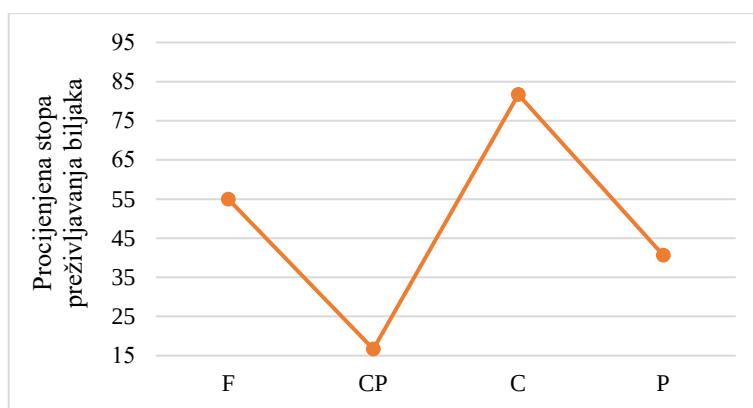
Rezultati ART analize varijanse su pokazali statistički visoko značajan uticaj ($p < 0,001$) spektralnog sastava svjetlosti i biljnih regulatora rasta na stopu preživljavanja biljaka u *ex vitro* uslovima, dok njihova međusobna interakcija nije bila statistički značajna ($p > 0,05$). Takođe, model je pokazao približno istu jačinu efekta izvora svjetlosti ($\eta^2_p = 0,727$) i biljnih regulatora rasta ($\eta^2_p = 0,701$). Efekti pojedinačnih faktora analizirani su na osnovu procijenjenih vrijednosti prosječne stope preživljavanja dobijenih primjenom ART modela, pri čemu je svaki faktor posmatran zasebno (Grafikoni 6.12. i 6.13.). Prikaz procijenjenih vrijednosti na grafikonima obezbjeđuje valjanost testiranja u uslovima odstupanja od pretpostavki klasične analize varijanse.

Tabela 6.9. Prosječna stopa preživljavanja ukorijenjenih biljaka lavande (*Lavandula angustifolia* Mill.) nakon dvije sedmice aklimatizacije, a u zavisnosti od tretmana svjetlom i biljnim regulatorima rasta u procesu *in vitro* ukorjenjavanja. U tabeli su prikazani i rezultati ART analize varijanse. **MKB-0** – 0,1 mg/L 6-BAP; **MKB-1** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L IBA; **MKB-2** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,3 mg/L IBA; **MKB-3** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,5 mg/L IBA; **MKM-0** – 0,1 mg/L mT; **MKM-1** – 0,1 mg/L mT + 0,1 mg/L IBA; **MKM-2** – 0,1 mg/L mT + 0,3 mg/L IBA; **MKM-3** – 0,1 mg/L mT + 0,5 mg/L IBA.

Izvor svjetlosti	Biljni regulatori rasta	Stopa preživljavanja (%)			
		$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	Vk (%)		
Fluorescentno	MKB-0	8,89 ± 2,22 ^{Bd}	43,30		
	MKB-1	17,78 ± 2,22 ^{Bcd}	21,65		
	MKB-2	15,56 ± 2,22 ^{Bcd}	24,74		
	MKB-3	28,89 ± 2,22 ^{Bc}	13,32		
	MKM-0	17,78 ± 2,22 ^{Bbc}	21,65		
	MKM-1	22,22 ± 2,22 ^{Bab}	17,32		
	MKM-2	24,44 ± 2,22 ^{Bab}	15,75		
	MKM-3	28,89 ± 4,44 ^{Ba}	26,65		
Crveno + plavo LED (1:1)	MKB-0	8,89 ± 2,22 ^{Dd}	43,30		
	MKB-1	6,67 ± 0,00 ^{Dcd}	0,00		
	MKB-2	11,11 ± 2,22 ^{Dcd}	34,64		
	MKB-3	13,33 ± 3,85 ^{Dc}	50,00		
	MKM-0	11,11 ± 2,22 ^{Dbc}	34,64		
	MKM-1	6,67 ± 0,00 ^{Dab}	0,00		
	MKM-2	15,56 ± 2,22 ^{Dab}	24,74		
	MKM-3	13,33 ± 3,85 ^{Da}	50,00		
Crveno LED	MKB-0	15,56 ± 2,22 ^{Ad}	24,74		
	MKB-1	24,44 ± 2,22 ^{Accd}	15,75		
	MKB-2	28,89 ± 4,44 ^{Accd}	26,65		
	MKB-3	37,78 ± 5,88 ^{Ac}	26,96		
	MKM-0	20,00 ± 3,85 ^{Abc}	33,33		
	MKM-1	33,33 ± 3,85 ^{Aab}	20,00		
	MKM-2	40,00 ± 3,85 ^{Aab}	16,67		
	MKM-3	51,11 ± 5,88 ^{Aa}	19,92		
Plavo LED	MKB-0	6,67 ± 0,00 ^{Cd}	0,00		
	MKB-1	11,11 ± 2,22 ^{Ccd}	34,64		
	MKB-2	15,56 ± 2,22 ^{Ccd}	24,74		
	MKB-3	22,22 ± 2,22 ^{Cc}	17,32		
	MKM-0	11,11 ± 2,22 ^{Cbc}	34,64		
	MKM-1	17,78 ± 2,22 ^{Cab}	21,65		
	MKM-2	24,44 ± 5,88 ^{Cab}	41,66		
	MKM-3	26,67 ± 3,85 ^{Ca}	25,00		
ART analiza varijanse					
Izvor varijacije		df	F	p	η ² _p
Svjetlo		3	56,816	<0,001***	0,727
Biljni regulatori rasta		7	21,393	<0,001***	0,701
Svjetlo * Biljni regulatori rasta		21	1,673	0,06	0,354

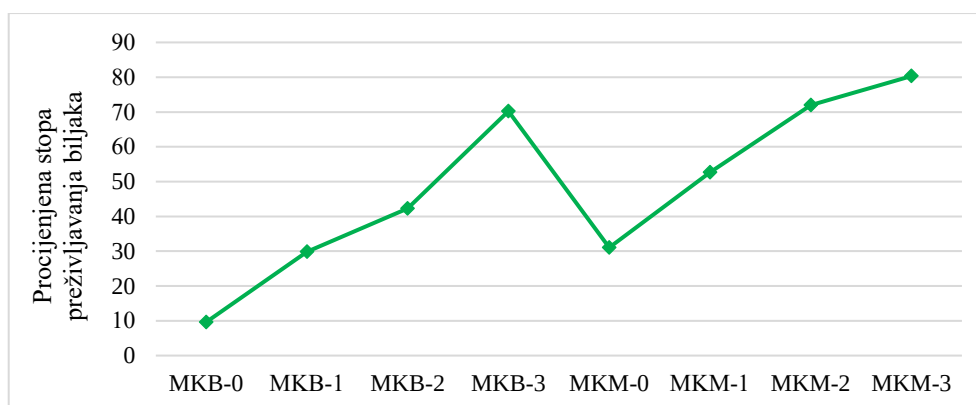
$\bar{X}$ – aritmetička sredina, $S_{\bar{X}}$ – standardna greška aritmetičke sredine, Vk – koeficijent varijacije, df – stepeni slobode, F – F vrijednost, p – statistička značajnost, η^2_p – veličina efekta.

Srednje vrijednosti obilježene različitim slovima se statistički značajno razlikuju na osnovu Tukijevog HSD testa ($p \leq 0,05$) koji je sproveden na procijenjenim srednjim vrijednostima. Pošto interakcija između faktora nije bila statistički značajna, efekti glavnih faktora su analizirani odvojeno, pri čemu su izvori svjetlosti označeni velikim slovima (A, B, C, D), a tretmani biljnim regulatorima rasta malim slovima (a, b, c, d) (vidjeti Tabelu P1.1.12. i Tabelu P1.1.13. u Prilogu 1).



Grafikon 6.12. Uticaj svjetlosti na prosječnu stopu preživljavanja ukorijenjenih biljaka lavande (*Lavandula angustifolia* Mill.) nakon dvije sedmice aklimatizacije, analiziran na osnovu procijenjenih vrijednosti dobijenih primjenom ART modela. **F** – fluorescentno svjetlo, **CP** – crveno + plavo LED svjetlo [1:1], **C** – crveno LED svjetlo, **P** – plavo LED svjetlo.

U poređenju sa ostalim izvorima svjetlosti, crveno LED svjetlo pokazalo je statistički visoko značajan efekat na procijenjenu stopu preživljavanja ukorijenjenih biljaka lavande u *ex vitro* uslovima ($p < 0,001$), u poređenju sa ostalim izvorima svjetlosti. S druge strane, kombinacija crvenog i plavog LED svjetla imala je najslabiji efekat na posmatrani parametar, pri čemu su razlike u odnosu na sve ostale izvore svjetlosti takođe bile statistički visoko značajne ($p < 0,001$). Fluorescentno svjetlo i plavo LED svjetlo pokazali su međusobno statistički značajnu razliku ($p < 0,05$), ali su imali slabiji efekat u odnosu na crveno LED svjetlo.



Grafikon 6.13. Uticaj biljnih regulatora rasta na prosječnu stopu preživljavanja ukorijenjenih biljaka lavande (*Lavandula angustifolia* Mill.) nakon dvije sedmice aklimatizacije, analiziran na osnovu procijenjenih vrijednosti dobijenih primjenom ART modela. **MKB-0** – 0,1 mg/L 6-BAP; **MKB-1** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L IBA; **MKB-2** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,3 mg/L IBA; **MKB-3** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,5 mg/L IBA; **MKM-0** – 0,1 mg/L mT; **MKM-1** – 0,1 mg/L mT + 0,1 mg/L IBA; **MKM-2** – 0,1 mg/L mT + 0,3 mg/L IBA; **MKM-3** – 0,1 mg/L mT + 0,5 mg/L IBA.

Povećanje koncentracije IBA-e u MS podlozi rezultiralo je povećanjem prosječne stope preživljavanja kod oba tipa citokinina. Tretmani koji su sadržavali 0,3 mg/L IBA-u (MKB-2 i MKM-2) i 0,5 mg/L IBA-e (MKB-3 i MKM-3) su imali statistički visoko značajno veću stopu preživljavanja ($p < 0,001$) u odnosu na tretmane bez auksina (MKB-0 i MKM-0).

6.2. Ruzmarin (*Rosmarinus officinalis* L.)

6.2.1. Faza multiplikacije

Svježa masa eksplantata

Uticaj svjetlosnog spektra i biljnih regulatora rasta na prosječnu svježu masu eksplantata ruzmarina prikazan je u Tabeli 6.10.

Tabela 6.10. Prosječna svježa masa eksplantata ruzmarina (*Rosmarinus officinalis* L.) uzgajanih pod različitim izvorima svjetlosti i u MS podlozi sa različitim koncentracijama biljnih regulatora rasta, nakon 6 sedmica uzgoja sa rezultatima dvofaktorijske analize varijanse. **MS-0** – 0,1 mg/L NAA; **MB-1** – 0,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-2** – 1,0 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-3** – 1,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MT-1** – 0,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-2** – 1,0 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-3** – 1,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA.

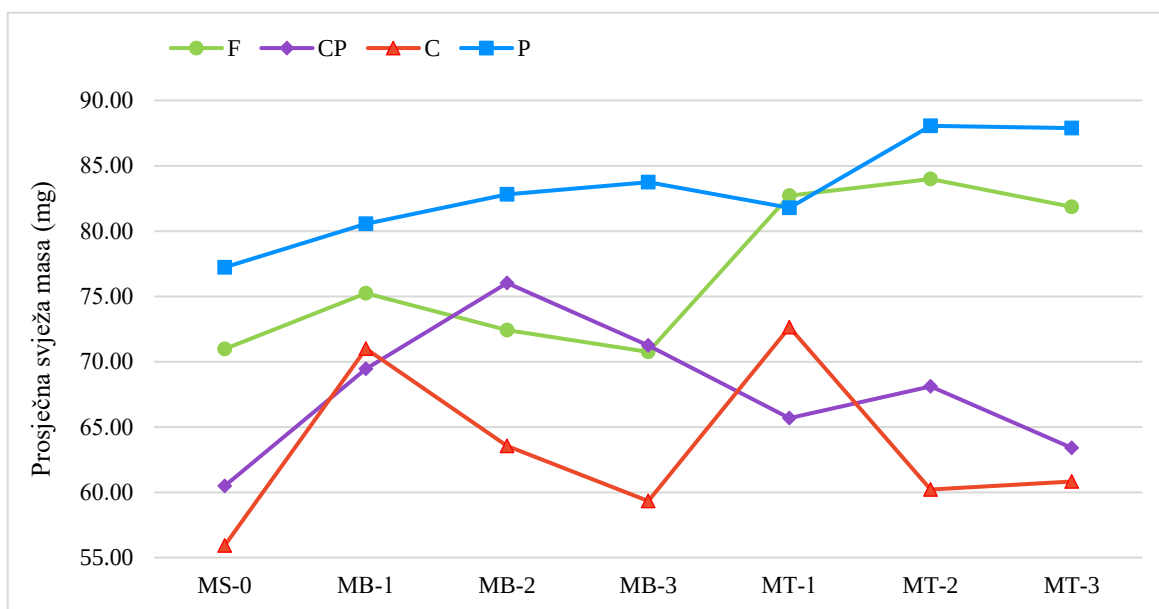
Izvor svjetlosti	Biljni regulatori rasta	Svježa masa (mg)			
		$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	Vk (%)		
Fluorescentno	MS-0	70,97 ± 3,45 ^{abcdefg}	18,84		
	MB-1	75,24 ± 3,06 ^{abcdef}	15,73		
	MB-2	72,42 ± 3,55 ^{abcdefg}	18,98		
	MB-3	70,75 ± 3,14 ^{abcdefg}	17,18		
	MT-1	82,71 ± 4,05 ^{abc}	18,95		
	MT-2	83,98 ± 3,72 ^{ab}	17,16		
	MT-3	81,85 ± 3,06 ^{abc}	14,49		
Crveno + plavo LED (1:1)	MS-0	60,49 ± 3,09 ^{efg}	19,82		
	MB-1	69,46 ± 3,58 ^{bcdefg}	19,94		
	MB-2	76,02 ± 3,55 ^{abcdef}	18,10		
	MB-3	71,23 ± 3,52 ^{abcdefg}	19,14		
	MT-1	65,67 ± 3,25 ^{cdefg}	19,15		
	MT-2	68,11 ± 3,18 ^{bcdefg}	18,07		
	MT-3	63,39 ± 3,14 ^{defg}	19,16		
Crveno LED	MS-0	55,93 ± 2,80 ^g	19,41		
	MB-1	71,01 ± 3,40 ^{abcdefg}	18,53		
	MB-2	65,53 ± 2,88 ^{defg}	17,58		
	MB-3	59,33 ± 2,75 ^{fg}	17,94		
	MT-1	72,63 ± 3,29 ^{abcdefg}	17,56		
	MT-2	60,20 ± 2,81 ^{efg}	18,06		
	MT-3	60,83 ± 2,90 ^{efg}	18,46		
Plavo LED	MS-0	77,23 ± 3,40 ^{abcde}	17,06		
	MB-1	80,55 ± 3,91 ^{abcd}	18,79		
	MB-2	82,82 ± 3,83 ^{abc}	17,89		
	MB-3	83,75 ± 3,86 ^{ab}	17,86		
	MT-1	81,79 ± 3,75 ^{abc}	17,77		
	MT-2	88,05 ± 2,94 ^a	12,94		
	MT-3	87,88 ± 2,96 ^a	13,05		
Analiza varijanse					
Izvor varijacije		df	F	p	η ² _p
Svjetlo		3	49,952	<0,001***	0,277
Biljni regulatori rasta		6	3,780	<0,01**	0,055
Svjetlo * Biljni regulatori rasta		18	2,171	<0,01**	0,091
R ² = 0,306					

$\bar{X}$ – aritmetička sredina, $S_{\bar{x}}$ – standardna greška aritmetičke sredine, Vk – koeficijent varijacije, df – stepeni slobode, F – F vrijednost, p – statistička značajnost, η^2_p – veličina efekta, R² – koeficijent determinacije.

Srednje vrijednosti obilježene različitim slovima se statistički značajno razlikuju na osnovu Tukijevog HSD testa (p≤0,05) (vidjeti Tabelu P1.2.1. u Prilogu 1).

Najviša prosječna vrijednost svježe mase je zabilježena kod eksplantata koji su uzgajani pod plavim LED svjetlom u MS podlozi sa dodatkom 1,0 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA (MT-2; $88,05 \pm 2,94$ mg), dok je najniža prosječna vrijednost zabilježena pod crvenim LED svjetlom u MS podlozi bez dodatnih citokinina (MS-0; $55,93 \pm 2,80$ mg).

Dvofaktorijalna analiza varijanse je pokazala statistički visoko značajan uticaj kako spektralnog sastava svjetlosti ($p < 0,001$) i biljnih regulatora rasta ($p < 0,01$), tako i njihove međusobne interakcije ($p < 0,01$) na formiranje svježe mase eksplantata ružmarina. U okviru modela zabilježen je srednje jak efekat interakcije ($\eta^2_p = 0,091$), dok koeficijent determinacije ($R^2 = 0,306$) ukazuje da model objašnjava 30,6% ukupne varijacije u svježoj masi eksplantata. Da bi se bolje razumio međusobni uticaj svjetla i biljnih regulatora rasta, u nastavku je analizirana prosječna svježa masa eksplantata u interakcijama pojedinačnih faktora (Grafikon 6.14.).



Grafikon 6.14. Uticaj interakcije svjetlosti i biljnih regulatora rasta na prosječnu svježu masu eksplantata ružmarina (*Rosmarinus officinalis* L.). F – fluorescentno svjetlo, CP – crveno + plavo LED svjetlo [1:1], C – crveno LED svjetlo, P – plavo LED svjetlo. MS-0 – 0,1 mg/L NAA; MB-1 – 0,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; MB-2 – 1,0 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; MB-3 – 1,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; MT-1 – 0,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; MT-2 – 1,0 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; MT-3 – 1,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA.

Posmatrano po tipovima svjetlosti, eksplantati uzgajani u MS-0 tretmanu formirali su niže vrijednosti svježe mase u odnosu na tretmane sa dodatkom citokinina, ali razlike nisu bile statistički značajne. Plavo LED svjetlo je imalo bolji učinak na stvaranje svježe mase u odnosu na sve ostale tipove svjetla, osim u tretmanu MT-1 pod fluorescentnim svjetlom. Posebno se ističu tretmani MT-2 i MT-3 pod plavim LED svjetlom, koji su bili statistički značajno efikasniji

($p < 0,01$) u odnosu na iste tretmane pod kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla, kao i u odnosu na većinu tretmana pod crvenim LED svjetlom, osim MB-1 i MT-1.

Povećanje koncentracije 6-BAP-a u podlozi rezultiralo je smanjenjem prosječne svježe mase pod fluorescentnim i crvenim LED svjetlom, dok je pod kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla najpovoljniji efekat postignut pri koncentraciji 0,5 mg/L 6-BAP-a (MB-1). Nasuprot tome, pod plavim LED svjetlom, porast koncentracije 6-BAP-a doveo je do porasta prosječne svježe mase eksplantata.

Kod tretmana sa mT-om, povećanje koncentracije iznad 1,0 mg/L (MT-2) dovelo je do blagog opadanja svježe mase pod fluorescentnim svjetlom, crveno-plavom kombinacijom i plavim LED svjetlom. Pod crvenim LED svjetlom, povećanje koncentracije mT-a iznad 0,5 mg/L imalo je izražen negativan efekat na formiranje svježe mase.

mT je bio efikasniji od 6-BAP-a pri svim ispitivanim koncentracijama pod fluorescentnim, crvenim i plavim LED svjetlom, dok se 6-BAP pokazao efikasnijim jedino pod kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla.

Suva masa eksplantata

U Tabeli 6.11. su predstavljeni rezultati analize uticaja spektra svjetlosti i biljnih regulatora rasta na prosječnu suhu masu eksplantata ruzmarina.

Najviša prosječna vrijednost suve mase je zabilježena kod eksplantata koji su uzgajani pod fluorescentnim svjetlom u MS podlozi sa dodatkom 1,0 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA (MT-2; $12,89 \pm 0,55$ mg), dok je najniža prosječna vrijednost zabilježena pod crvenim LED svjetlom u MS podlozi bez dodatnih citokinina (MS-0; $7,07 \pm 0,33$ mg).

Dvofaktorijalna analiza varijanse je pokazala statistički visoko značajan efekat svjetlosti ($p < 0.001$), biljnih regulatora rasta ($p < 0,01$), kao i njihove međusobne interakcije ($p < 0,01$) na suhu masu eksplantata ruzmarina. U okviru modela zabilježen je srednje jak efekat interakcije ($\eta^2_p = 0,100$), dok koeficijent determinacije ($R^2 = 0,539$) pokazuje da model objašnjava 53,9% ukupne varijacije u suvoj masi eksplantata. Za potpunije razumijevanje interaktivnog djelovanja svjetlosti i regulatora rasta, analizirane su vrijednosti prosječne suve mase u okviru specifičnih kombinacija tretmana (Grafikon 6.15.).

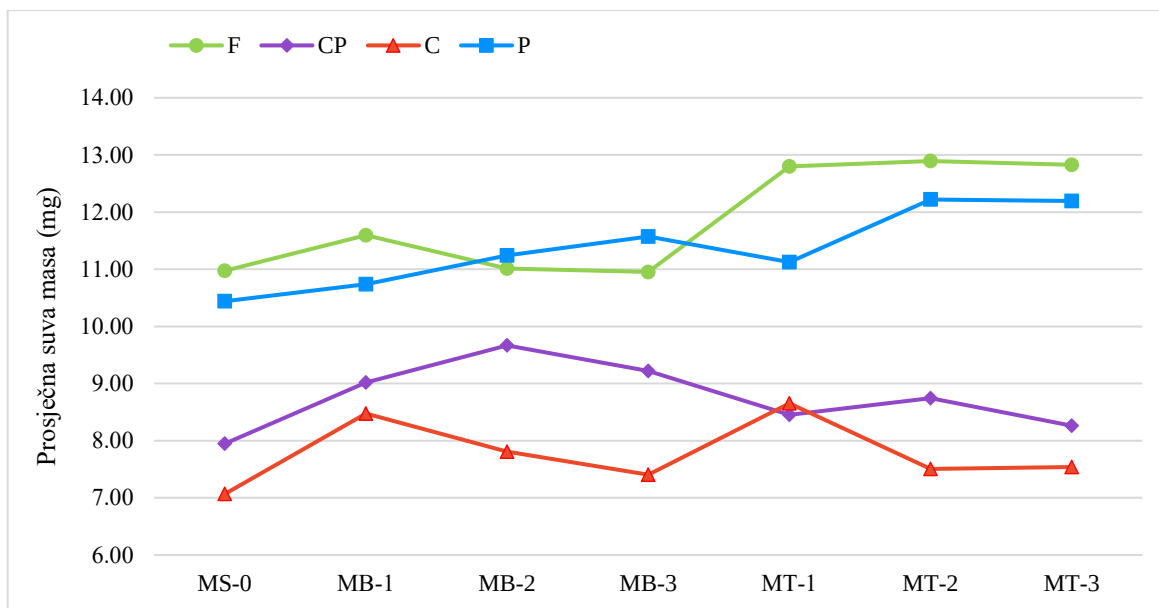
Tabela 6.11. Prosječna suva masa eksplantata ruzmarina (*Rosmarinus officinalis* L.) uzgajanih pod različitim izvorima svjetlosti i u MS podlozi sa različitim koncentracijama biljnih regulatora rasta, nakon 6 sedmica uzgoja sa rezultatima dvofaktorijalne analize varijanse. **MS-0** – 0,1 mg/L NAA; **MB-1** – 0,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-2** – 1,0 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-3** – 1,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MT-1** – 0,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-2** – 1,0 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-3** – 1,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA.

Izvor svjetlosti	Biljni regulatori rasta	Suva masa (mg)			
		$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	Vk (%)		
Fluorescentno	MS-0	10,97 ± 0,46 ^{abcde}	16,11		
	MB-1	11,59 ± 0,33 ^{abc}	11,17		
	MB-2	11,01 ± 0,47 ^{abcde}	16,64		
	MB-3	10,95 ± 0,42 ^{abcde}	14,78		
	MT-1	12,80 ± 0,52 ^a	15,73		
	MT-2	12,89 ± 0,55 ^a	16,59		
Crveno + plavo LED (1:1)	MT-3	12,83 ± 0,47 ^a	14,22		
	MS-0	7,95 ± 0,28 ^{hi}	13,78		
	MB-1	9,02 ± 0,47 ^{defghi}	20,05		
	MB-2	9,67 ± 0,44 ^{cdefgh}	17,55		
	MB-3	9,22 ± 0,45 ^{defghi}	18,85		
	MT-1	8,45 ± 0,38 ^{ghi}	17,29		
Crveno LED	MT-2	8,75 ± 0,45 ^{efghi}	19,94		
	MT-3	8,26 ± 0,44 ^{ghi}	20,47		
	MS-0	7,07 ± 0,33 ⁱ	18,13		
	MB-1	8,47 ± 0,43 ^{fghi}	19,57		
	MB-2	7,81 ± 0,31 ^{hi}	15,59		
	MB-3	7,41 ± 0,36 ^{hi}	18,79		
Plavo LED	MT-1	8,65 ± 0,39 ^{fghi}	17,54		
	MT-2	7,51 ± 0,39 ^{hi}	19,92		
	MT-3	7,54 ± 0,23 ^{hi}	11,85		
	MS-0	10,44 ± 0,43 ^{bcdefg}	15,90		
	MB-1	10,74 ± 0,49 ^{abcdef}	17,78		
	MB-2	11,24 ± 0,50 ^{abcd}	17,38		
Analiza varijanse	MB-3	11,57 ± 0,42 ^{abc}	13,90		
	MT-1	11,13 ± 0,50 ^{abcd}	17,50		
	MT-2	12,22 ± 0,47 ^{ab}	14,75		
	MT-3	12,19 ± 0,44 ^{ab}	14,02		
Analiza varijanse					
Izvor varijacije		df	F	p	η ² _p
Svjetlo		3	149,931	<0,001***	0,534
Biljni regulatori rasta		6	10,507	<0,01**	0,055
Svjetlo * Biljni regulatori rasta		18	6,658	<0,01**	0,100
R ² = 0.539					

$\bar{X}$ – aritmetička sredina, $S_{\bar{X}}$ – standardna greška aritmetičke sredine, Vk – koeficijent varijacije, df – stepeni slobode, F – F vrijednost, p – statistička značajnost, η^2_p – veličina efekta, R² – koeficijent determinacije.

Srednje vrijednosti obilježene različitim slovima se statistički značajno razlikuju na osnovu Tukijevog HSD testa (p≤0,05) (vidjeti Tabelu P1.2.2. u Prilogu 1).

Posmatrano po tipovima svjetlosti, eksplantati uzgajani u MS-0 tretmanu su stvorili nižu prosječnu suhu masu u odnosu na tretmane sa citokininima, ali razlike nisu bile statistički značajne. Fluorescentno i plavo LED svjetlo su imali bolji učinak na stvaranje suve mase eksplantata u odnosu na ostala LED svjetla, sa statistički visoko značajnim razlikama (p<0,001), u većini tretmana biljnim regulatorima rasta. Fluorescentno svjetlo je imalo lošiji uticaj na stvaranje suve mase, u odnosu na plavo LED svjetlo, samo kod eksplantata gajenih u tretmanima MB-2 i MB-3.



Grafikon 6.15. Uticaj interakcije svjetlosti i biljnih regulatora rasta na prosječnu suhu masu eksplantata ružmarina (*Rosmarinus officinalis* L.). **F** – fluorescentno svjetlo, **CP** – crveno + plavo LED svjetlo [1:1], **C** – crveno LED svjetlo, **P** – plavo LED svjetlo. **MS-0** – 0,1 mg/L NAA; **MB-1** – 0,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-2** – 1,0 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-3** – 1,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MT-1** – 0,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-2** – 1,0 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-3** – 1,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA.

Povećanje koncentracije 6-BAP-a u podlozi rezultiralo je smanjenjem prosječne suve pod fluorescentnim i crvenim LED svjetlom, dok je pod plavim LED svjetlom vidljiv obrnuti trend. Kod eksplantata gajenih pod kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla, najviše prosječne vrijednosti suve mase su zapažene na podlozi sa 1,0 mg/L 6-BAP-a (MB-2).

U tretmanima sa mT-om, povećanje koncentracije iznad 1,0 mg/L (MT-2) pod fluorescentnim, kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla i plavim LED svjetlom je izazvalo smanjenje prosječne suve mase eksplantata. S druge strane, pod crvenim LED svjetlom, povećanje koncentracije mT-a iznad 0,5 mg/L (MT-1) je imalo negativan efekat na formiranje suve mase.

mT je, pri svim ispitivanim koncentracijama, bio efikasniji od 6-BAP-a pod fluorescentnim, crvenim LED i plavim LED svjetlom, dok je 6-BAP bio efikasniji jedino pod kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla.

Broj novih izdanaka na eksplantatima

Podaci o uticaju različitih tipova svjetlosti i regulatora rasta na prosječan broj novih izdanaka na eksplantatima ruzmarina prikazani su u Tabeli 6.12.

Tabela 6.12. Prosječan broj novih izdanaka na eksplantatima ruzmarina (*Rosmarinus officinalis* L.) uzgajanim pod različitim izvorima svjetlosti i u MS podlozi sa različitim koncentracijama biljnih regulatora rasta, nakon 6 sedmica uzgoja sa rezultatima dvofaktorijalne analize varijanse. **MS-0** – 0,1 mg/L NAA; **MB-1** – 0,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-2** – 1,0 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-3** – 1,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MT-1** – 0,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-2** – 1,0 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-3** – 1,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA.

Izvor svjetlosti	Biljni regulatori rasta	Broj novih izdanaka			
		$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	Vk (%)		
Fluorescentno	MS-0	1,09 ± 0,06 ^j	9,35		
	MB-1	1,58 ± 0,06 ^{efgh}	6,45		
	MB-2	1,71 ± 0,06 ^{defgh}	5,95		
	MB-3	1,73 ± 0,04 ^{cdefgh}	3,85		
	MT-1	2,04 ± 0,06 ^{ab}	4,98		
	MT-2	2,07 ± 0,04 ^a	3,23		
	MT-3	1,76 ± 0,06 ^{bcdefg}	5,80		
Crveno + plavo LED (1:1)	MS-0	1,16 ± 0,06 ^{ij}	8,81		
	MB-1	1,44 ± 0,06 ^{hi}	5,80		
	MB-2	1,49 ± 0,06 ^{fgh}	6,84		
	MB-3	1,67 ± 0,04 ^{defgh}	4,00		
	MT-1	1,47 ± 0,04 ^{gh}	4,55		
	MT-2	1,62 ± 0,06 ^{defgh}	6,28		
	MT-3	1,64 ± 0,06 ^{defgh}	6,19		
Crveno LED	MS-0	1,13 ± 0,04 ^j	5,88		
	MB-1	1,53 ± 0,04 ^{efgh}	4,35		
	MB-2	1,80 ± 0,04 ^{abcde}	3,70		
	MB-3	1,17 ± 0,06 ^{defgh}	5,95		
	MT-1	1,58 ± 0,06 ^{efgh}	6,45		
	MT-2	1,60 ± 0,04 ^{defgh}	4,17		
	MT-3	1,78 ± 0,06 ^{abcdef}	5,73		
Plavo LED	MS-0	1,07 ± 0,04 ^j	6,25		
	MB-1	1,56 ± 0,06 ^{efgh}	6,55		
	MB-2	1,82 ± 0,06 ^{abcde}	5,59		
	MB-3	1,80 ± 0,04 ^{abcde}	3,70		
	MT-1	1,76 ± 0,06 ^{bcdefg}	5,80		
	MT-2	2,02 ± 0,06 ^{abc}	5,04		
	MT-3	1,89 ± 0,06 ^{abcd}	5,39		
Analiza varijanse					
Izvor varijacije		df	F	p	η^2_p
Svjetlo		3	25,901	<0,001***	0,581
Biljni regulatori rasta		6	86,710	<0,001***	0,903
Svjetlo * Biljni regulatori rasta		18	5,822	<0,001***	0,652
R ² = 0,891					

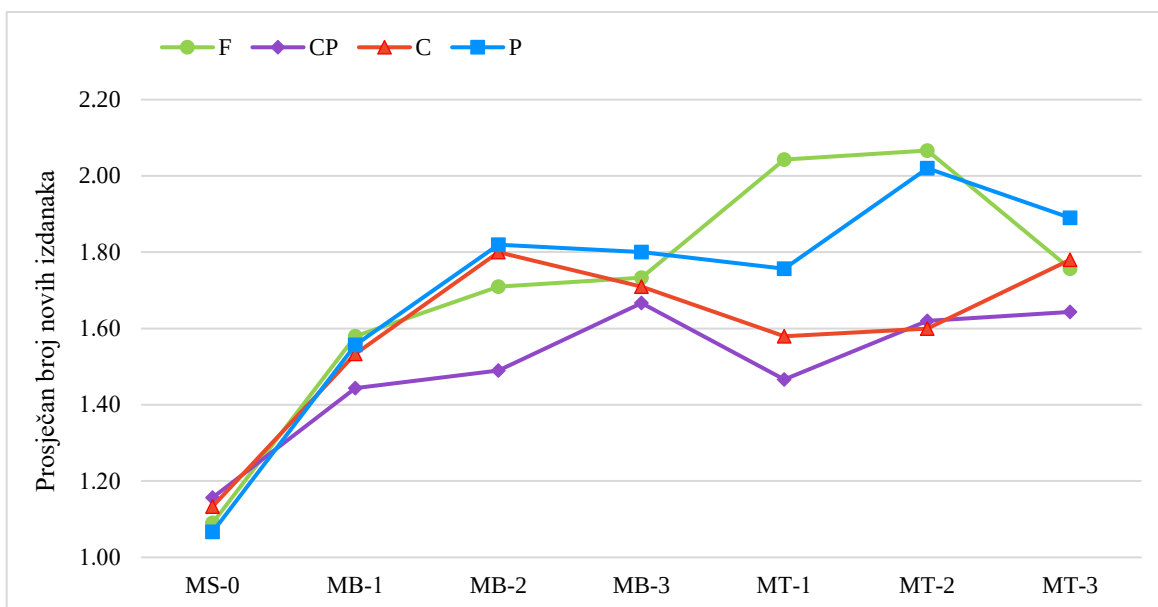
$\bar{X}$ – aritmetička sredina, $S_{\bar{x}}$ – standardna greška aritmetičke sredine, Vk – koeficijent varijacije, df – stepeni slobode, F – F vrijednost, p – statistička značajnost, η^2_p – veličina efekta, R² – koeficijent determinacije.

Srednje vrijednosti obilježene različitim slovima se statistički značajno razlikuju na osnovu Tukijevog HSD testa (p≤0,05) (vidjeti Tabelu P1.2.3. u Prilogu 1).

Najveći prosječan broj novih izdanaka je zabilježen kod eksplantata koji su uzgajani pod fluorescentnim svjetlom u MS podlozi sa dodatkom 1,0 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA

(MT2; $2,07 \pm 0,04$), dok je najniža prosječna vrijednost zabilježena pod plavim LED svjetlom u MS podlozi bez dodatnih citokinina (MS-0; $1,07 \pm 0,04$).

Dvofaktorijalna analiza varijanse je pokazala statistički visoko značajan uticaj ($p < 0,001$), kako pojedinačnih faktora, tako i njihove međusobne interakcije na formiranje novih izdanaka kod eksplantata ružmarina. Statistički visoko značajan efekat interakcije ukazuje na zavisnost uticaja svjetlosti od primijenjenih regulatora rasta, pri čemu je zabilježen izrazito jak efekat interakcije ($\eta^2_p = 0,652$) na broj novih izdanaka. Takođe, visok koeficijent determinacije ($R^2 = 0,891$) pokazuje da model objašnjava 89,1% ukupne varijacije u ovom parametru. U nastavku je analiziran prosječan broj novih izdanaka kroz kombinacije primijenjenih tretmana (Grafikon 6.16.).



Grafikon 6.16. Uticaj interakcije svjetlosti i biljnih regulatora rasta na prosječan broj novih izdanaka na eksplantatima ružmarina (*Rosmarinus officinalis* L.). **F** – fluorescentno svjetlo, **CP** – crveno + plavo LED svjetlo [1:1], **C** – crveno LED svjetlo, **P** – plavo LED svjetlo. **MS-0** – 0,1 mg/L NAA; **MB-1** – 0,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-2** – 1,0 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-3** – 1,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MT-1** – 0,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-2** – 1,0 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-3** – 1,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA.

Posmatrano po svim izvorima svjetlosti, eksplantati uzgajani na MS podlogama sa dodatkom citokinina razvili su statistički visoko značajno veći prosječan broj izdanaka ($p < 0,001$) u poređenju sa onima uzgajanim bez dodatka citokinina (MS-0). Izuzetak od ovog trenda čine tretmani pod kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla, gdje razlike u odnosu na MS-0 nisu bile statistički značajne u slučaju MB-1 ($p < 0,05$), dok je kod MT-1 utvrđena značajnost na nivou $p < 0,05$.

Eksplantati gajeni pod fluorescentnim svjetlom na podlozi sa dodatkom 0,5 mg/L (MT-1) ili 1,0 mg/L mT-a (MT-2), kao i eksplantati gajeni na podlozi sa dodatkom 0,5 mg/L 6-BAP-a (MB-1), su razvili veći broj novih izdanaka, u odnosu na one gajene pod drugim izvorima svjetla. S druge strane, plavo LED svjetlo je bilo efikasnije i od fluorescentnog svjetla u formiranju novih izdanaka, u tretmanima MB-2, MB-3 i MT-3.

Povećanje koncentracije 6-BAP-a u podlozi je dovelo do povećanja broja novih izdanaka na eksplantatima ruzmarina gajenim pod fluorescentnim i kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla. S druge strane, najveći broj novih izdanaka je formiran na eksplantatima gajenim pod crvenim LED i plavim LED svjetlom u tretmanu MB-2.

Kod tretmana sa mT-om, na eksplantatima uzgajanim pod fluorescentnim i plavim LED svjetlom, povećanje koncentracije iznad 1,0 mg/L (MT-2) je imalo negativan efekat na formiranje novih izdanaka, dok je pod crvenim LED svjetlom i kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla najveći broj izdanaka formiran u tretmanu MT-3.

Generalno posmatrano, mT je imao bolji uticaj na formiranje novih izdanaka od 6-BAP-a pod svim tipovima svjetla i u većini tretmana biljnim regulatorima rasta. Takođe, pod fluorescentnim svjetlom tretmani MT-1 i MT-2 su bili statistički visoko značajno efikasniji ($p < 0,001$) od istih koncentracija 6-BAP-a.

Dužina izdanaka

Tabela 6.13. prikazuje efekte spektralnog sastava svjetlosti i koncentracija biljnih regulatora rasta na prosječnu dužinu izdanaka na eksplantatima ruzmarina.

Najduži izdanci su formirani na eksplantatima uzgajanim pod crvenim LED svjetlom ($13,16 \pm 0,37$ mm) i plavim LED svjetlom ($13,08 \pm 0,37$ mm) u MS podlozi bez dodatih citokina (MS-0). Najkraći izdanci su razvijeni pod kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla u MS podlozi sa dodatkom 1,0 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA (MT-2; $7,10 \pm 0,22$ mm).

Rezultati dvofaktorijalne analize varijanse su pokazali statistički visoko značajan uticaj ($p < 0,001$), kako pojedinačnih faktora, tako i njihove međusobne interakcije, na rast izdanaka. Model pokazuje srednje jak efekat interakcije ($\eta^2_p = 0,095$), dok koeficijent determinacije ($R^2 = 0,411$) pokazuje da model objašnjava 41,1% ukupne varijacije u dužini izdanaka. Radi detaljnijeg uvida u interakcijski efekat, grafički su prikazane prosječne vrijednosti dužine izdanaka za sve kombinacije tretmana (Grafikon 6.17.).

Tabela 6.13. Prosječna dužina izdanaka na eksplantatima ruzmarina (*Rosmarinus officinalis* L.) uzgajanim pod različitim izvorima svjetlosti i u MS podlozi sa različitim koncentracijama biljnih regulatora rasta, nakon 6 sedmica uzgoja sa rezultatima dvofaktorijske analize varijanse. **MS-0** – 0,1 mg/L NAA; **MB-1** – 0,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-2** – 1,0 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-3** – 1,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MT-1** – 0,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-2** – 1,0 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-3** – 1,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA.

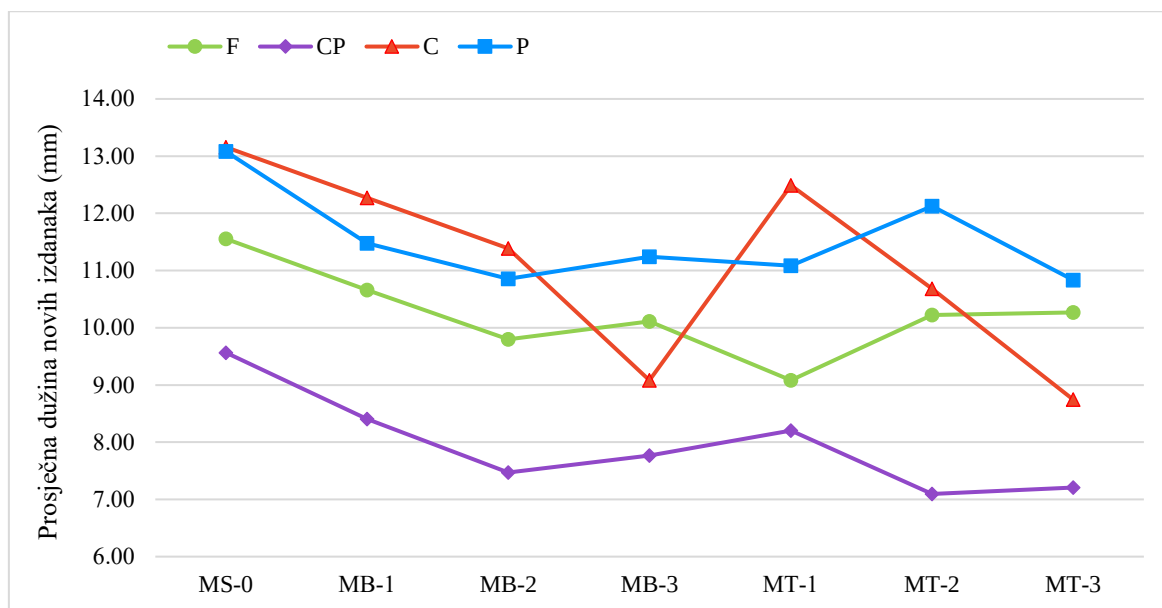
Izvor svjetlosti	Biljni regulatori rasta	Dužina izdanaka (mm)			
		$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	Vk (%)		
Fluorescentno	MS-0	11,55 ± 0,36 ^{bcd}	21,09		
	MB-1	10,66 ± 0,32 ^{efghi}	19,89		
	MB-2	9,80 ± 0,27 ^{ghijk}	18,38		
	MB-3	10,11 ± 0,28 ^{fghij}	18,91		
	MT-1	9,08 ± 0,25 ^{ijklm}	18,52		
	MT-2	10,23 ± 0,28 ^{fghij}	18,47		
	MT-3	10,27 ± 0,28 ^{fghij}	18,55		
Crveno + plavo LED (1:1)	MS-0	9,57 ± 0,29 ^{hijkl}	20,62		
	MB-1	8,41 ± 0,25 ^{klmno}	20,04		
	MB-2	7,47 ± 0,23 ^{no}	21,06		
	MB-3	7,77 ± 0,23 ^{mno}	20,01		
	MT-1	8,20 ± 0,23 ^{lmno}	18,60		
	MT-2	7,10 ± 0,22 ^o	20,57		
	MT-3	7,21 ± 0,21 ^{no}	19,89		
Crveno LED	MS-0	13,16 ± 0,37 ^a	19,02		
	MB-1	12,27 ± 0,35 ^{abcd}	19,13		
	MB-2	11,39 ± 0,31 ^{cdefg}	18,51		
	MB-3	9,08 ± 0,28 ^{ijklm}	20,88		
	MT-1	12,49 ± 0,36 ^{abc}	19,32		
	MT-2	10,68 ± 0,32 ^{defgh}	20,06		
	MT-3	8,74 ± 0,26 ^{ijklmn}	20,06		
Plavo LED	MS-0	13,08 ± 0,37 ^{ab}	18,97		
	MB-1	11,48 ± 0,31 ^{cdef}	18,38		
	MB-2	10,86 ± 0,33 ^{defgh}	20,65		
	MB-3	11,24 ± 0,34 ^{cdefg}	20,17		
	MT-1	11,09 ± 0,32 ^{cdefgh}	19,60		
	MT-2	12,12 ± 0,34 ^{abcde}	18,55		
	MT-3	10,83 ± 0,35 ^{defgh}	21,61		
Analiza varijanse					
Izvor varijacije		df	F	p	η ² _p
Svjetlo		3	195,224	<0,001***	0,322
Biljni regulatori rasta		6	31,992	<0,001***	0,135
Svjetlo * Biljni regulatori rasta		18	7,180	<0,001***	0,095
R ² = 0,411					

$\bar{X}$ – aritmetička sredina, $S_{\bar{X}}$ – standardna greška aritmetičke sredine, Vk – koeficijent varijacije, df – stepeni slobode, F – F vrijednost, p – statistička značajnost, η^2_p – veličina efekta, R² – koeficijent determinacije.

Srednje vrijednosti obilježene različitim slovima se statistički značajno razlikuju na osnovu Tukijevog HSD testa (p≤0,05) (vidjeti Tabelu P1.2.4. u Prilogu 1).

Pod svim izvorima svjetla, eksplantati ruzmarina uzgajani na MS podlozi bez dodatnih citokinina (MS-0) su formirali duže izdanke u odnosu na ostale tretmane. Pod crvenim LED i kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla, tretman MS-0 je bio statistički visoko značajno bolji (p<0,001) od tretmana MB-2, MB-3, MT-2 i MT-3, a pod plavim LED svjetlom od svih tretmana citokininima osim MT-2. Crveno LED svjetlo je pokazalo izraženiji efekat na izduživanje izdanaka u kombinaciji sa nižim koncentracijama citokinina

(MB-1, MB-2 i MT-1), dok je plavo LED svjetlo imalo povoljniji uticaj pri višim koncentracijama (MB-3, MT-2 i MT-3).



Grafikon 6.17. Uticaj interakcije svjetlosti i biljnih regulatora rasta na prosječnu dužinu izdanaka na eksplantatima ruzmarina (*Rosmarinus officinalis* L.). **F** – fluorescentno svjetlo, **CP** – crveno + plavo LED svjetlo [1:1], **C** – crveno LED svjetlo, **P** – plavo LED svjetlo. **MS-0** – 0,1 mg/L NAA; **MB-1** – 0,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-2** – 1,0 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-3** – 1,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MT-1** – 0,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-2** – 1,0 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-3** – 1,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA.

Povećanje koncentracije 6-BAP-a u podlozi je dovelo do smanjenja prosječne dužine izdanaka pod svim tipovima svjetla. Nasuprot tome, kod tretmana sa mT-om, povećanje koncentracije je podstaklo izduživanje izdanaka pod fluorescentnim svjetlom, kao i pod plavim LED svjetlom do koncentracije 1,0 mg/L (MT-2). S druge strane, pod crvenim LED svjetlom i kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla, povećanje koncentracije mT-a iznad 0,5 mg/L (MT-1) rezultiralo je skraćivanjem izdanaka.

Generalno posmatrano, 6-BAP je imao izraženiji efekat na izduživanje izdanaka u poređenju sa mT-om pod svim LED svjetlima, osim pri tretmanu MT-2 pod plavim LED svjetlom. S druge strane, mT je pokazao jači efekat pod fluorescentnim svjetlom pri višim koncentracijama citokinina (MT-2 i MT-3).

Broj nodusa na izdancima

Podaci o uticaju svjetla i biljnih regulatora rasta na prosječan broj nodusa na izdancima eksplantata ruzmarina su navedeni u Tabeli 6.14.

Tabela 6.14. Prosječan broj nodusa na izdancima eksplantata ruzmarina (*Rosmarinus officinalis* L.) uzgajanim pod različitim izvorima svjetlosti i u MS podlozi sa različitim koncentracijama biljnih regulatora rasta, nakon 6 sedmica uzgoja sa rezultatima dvofaktorijalne analize varijanse. **MS-0** – 0,1 mg/L NAA; **MB-1** – 0,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-2** – 1,0 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-3** – 1,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MT-1** – 0,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-2** – 1,0 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-3** – 1,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA.

Izvor svjetlosti	Biljni regulatori rasta	Broj nodusa			
		$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	Vk (%)		
Fluorescentno	MS-0	3,28 ± 0,11 ^{bcdef}	9,71		
	MB-1	3,20 ± 0,09 ^{cdefg}	8,59		
	MB-2	2,94 ± 0,05 ^{efghij}	5,47		
	MB-3	2,84 ± 0,04 ^{ghij}	3,91		
	MT-1	2,76 ± 0,05 ^{hij}	5,36		
	MT-2	3,05 ± 0,08 ^{defghi}	7,42		
	MT-3	3,02 ± 0,09 ^{defghi}	8,44		
Crveno + plavo LED (1:1)	MS-0	3,08 ± 0,04 ^{cdefgh}	4,21		
	MB-1	2,82 ± 0,02 ^{ghij}	2,00		
	MB-2	2,64 ± 0,08 ^{ij}	9,12		
	MB-3	2,76 ± 0,07 ^{hij}	7,47		
	MT-1	2,77 ± 0,05 ^{hij}	5,16		
	MT-2	2,71 ± 0,07 ^{hij}	8,17		
	MT-3	2,59 ± 0,06 ^j	6,99		
Crveno LED	MS-0	3,34 ± 0,06 ^{bcd}	5,62		
	MB-1	3,08 ± 0,10 ^{cdefgh}	9,50		
	MB-2	2,88 ± 0,11 ^{fghij}	11,04		
	MB-3	2,56 ± 0,03 ^j	3,34		
	MT-1	3,07 ± 0,10 ^{defgh}	9,79		
	MT-2	2,75 ± 0,05 ^{hij}	5,99		
	MT-3	2,59 ± 0,09 ^j	10,35		
Plavo LED	MS-0	3,91 ± 0,08 ^a	6,03		
	MB-1	3,50 ± 0,12 ^{abc}	10,04		
	MB-2	3,31 ± 0,09 ^{bcd}	7,71		
	MB-3	3,37 ± 0,12 ^{bcd}	10,26		
	MT-1	3,43 ± 0,09 ^{bcd}	7,65		
	MT-2	3,68 ± 0,08 ^{ab}	6,49		
	MT-3	3,27 ± 0,12 ^{bcdef}	10,59		
Analiza varijanse					
Izvor varijacije		df	F	p	η^2_p
Svjetlo		3	111,346	<0,001***	0,599
Biljni regulatori rasta		6	21,682	<0,001***	0,367
Svjetlo * Biljni regulatori rasta		18	2,803	<0,001***	0,184
R ² = 0,660					

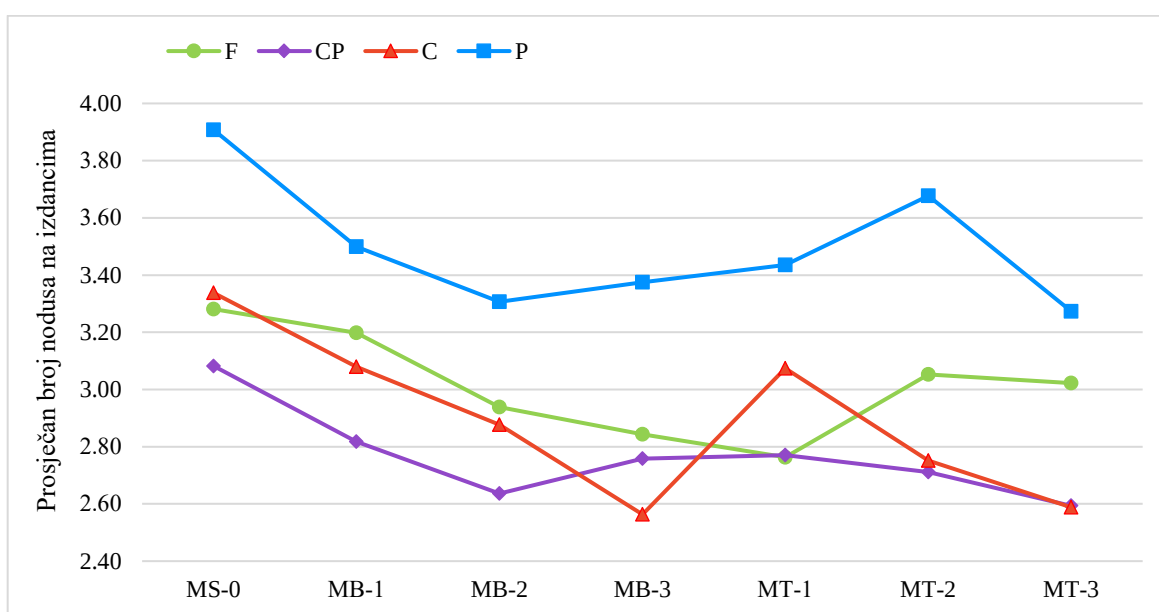
$\bar{X}$ – aritmetička sredina, $S_{\bar{x}}$ – standardna greška aritmetičke sredine, Vk – koeficijent varijacije, df – stepeni slobode, F – F vrijednost, p – statistička značajnost, η^2_p – veličina efekta, R² – koeficijent determinacije.

Srednje vrijednosti obilježene različitim slovima se statistički značajno razlikuju na osnovu Tukijevog HSD testa (p≤0,05) (vidjeti Tabelu P1.2.5. u Prilogu 1).

Najveći prosječan broj nodusa zabilježen je kod eksplantata uzgajanih pod plavim LED svjetlom u MS podlozi bez dodanih citokinina (MS-0; 3,91 $\pm$ 0,08). Najniži prosječan broj nodusa utvrđen je kod eksplantata uzgajanih pod crvenim LED svjetlom u MS podlozi sa dodatkom 1,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA (MT-3; 2,56 $\pm$ 0,03). Slične vrijednosti

zabilježene su i kod eksplantata tretiranih sa MT-3 pod crvenim LED ($2,59 \pm 0,09$) i kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla ($2,59 \pm 0,06$).

Dvofaktorijalna analiza varijanse je pokazala statistički visoko značajan uticaj ($p < 0,001$), kako spektralnog sastava svjetlosti i biljnih regulatora rasta, tako i njihove međusobne interakcije, na formiranje nodusa na izdancima. Model pokazuje jak efekat interakcije ($\eta^2_p = 0,184$), dok koeficijent determinacije ($R^2 = 0,660$) pokazuje da model objašnjava 66,0% ukupne varijacije u broju nodusa. Međusobni uticaj svjetlosti i regulatora rasta je dodatno sagledan kroz analizu prosječnog broja nodusa u interakcijama pojedinačnih faktora (Grafikon 6.18.).



Grafikon 6.18. Uticaj interakcije svjetlosti i biljnih regulatora rasta na prosječan broj nodusa na izdancima eksplantata ruzmarina (*Rosmarinus officinalis* L.). **F** – fluorescentno svjetlo, **CP** – crveno + plavo LED svjetlo [1:1], **C** – crveno LED svjetlo, **P** – plavo LED svjetlo. **MS-0** – 0,1 mg/L NAA; **MB-1** – 0,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-2** – 1,0 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-3** – 1,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MT-1** – 0,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-2** – 1,0 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-3** – 1,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA.

Posmatrano po tipovima svjetlosti, eksplantati uzgajani na MS podlozi bez dodatnih citokina (MS-0) su razvili viši prosječan broj nodusa u poređenju sa tretmanima koji su sadržavali citokine. Ove razlike su bile naročito izražene ($p < 0,001$) u odnosu na tretmane MB-2, MB-3 i MT-3 pod plavim LED svjetlom, kao i MB-3, MT-2 i MT-3 pod crvenim LED svjetlom.

Plavo LED svjetlo je pokazalo bolji učinak na formiranje nodusa na izdancima u poređenju sa ostalim izvorima svjetlosti, pri čemu su razlike bile statistički visoko značajne ($p < 0,001$) u većini tretmana biljnim regulatorima rasta.

Povećanje koncentracije 6-BAP-a u podlozi je izazvalo smanjenje broja nodusa na izdancima pod svim izvorima svjetlosti. Slično tome, kod tretmana sa mT-om, porast koncentracije je rezultirao smanjenjem broj nodusa pod crvenim LED i kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla. S druge strane, najveći prosječan broj nodusa je zabilježen u tretmanu MT-2 pod fluorescentnim i plavim LED svjetlom.

6-BAP je imao izraženiji efekat na broj nodusa u poređenju sa mT-om pod svim LED svjetlima, osim pri tretmanu MT-2 pod plavim LED svjetlom i kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla. S druge strane, mT je pokazao jači efekat pod fluorescentnim svjetlom pri višim koncentracijama citokinina (MT-2 i MT-3).

6.2.2. Faza *in vitro* ukorjenjavanja

Procenat in vitro ukorjenjavanja

Uticaj svjetlosnog spektra i biljnih regulatora rasta na procenat *in vitro* ukorjenjavanja eksplantata ruzmarina prikazan je u Tabeli 6.15.

Najveći procenat *in vitro* ukorjenjavanja je zabilježen kod eksplantata uzgajanih pod plavim LED svjetlom na MS podlozi sa dodatkom 0,1mg/L mT + 0,5 mg/L IBA (MKM-3; $80,00 \pm 5,77$ %), dok je najniži procenat ukorjenjavanja ($20,00 \pm 3,85$ %) utvrđen kod eksplantata tretiranih sa 0,1 mg/L 6-BAP-a bez dodatih auksina (MKB-0), pod fluorescentnim i crvenim LED svjetlom.

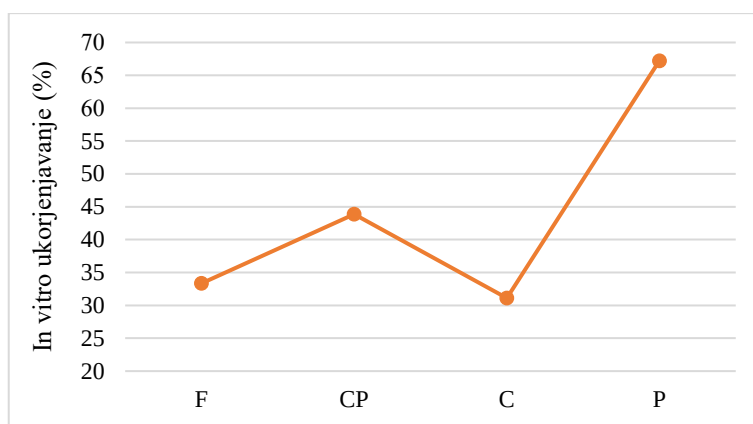
Dvofaktorijalna analiza varijanse je pokazala statistički visoko značajan uticaj izvora svjetlosti ($p < 0,001$) i biljnih regulatora rasta ($p < 0,001$) na procenat ukorjenjavanja eksplantata ruzmarina, dok njihov međusobni efekat nije bio statistički značajan ($p = 0,162$). Model pokazuje veoma snažan efekat izvora svjetlosti ($\eta^2_p = 0,830$), dok biljni regulatori rasta takođe pokazuju značajan, iako slabiji efekat ($\eta^2_p = 0,539$) na procenat *in vitro* ukorjenjavanja. Vrijednost koeficijenta determinacije ($R^2 = 0,802$) pokazuje da model objašnjava 80,2% ukupne varijacije u ovom parametru. Efekti pojedinačnih faktora dodatno su sagledani kroz analizu procenta *in vitro* ukorjenjavanja na nivou svakog faktora zasebno (Grafikoni 6.19. i 6.20).

Tabela 6.15. Procenat *in vitro* ukorjenjavanja eksplantata ruzmarina (*Rosmarinus officinalis* L.) uzgajanih pod različitim izvorima svjetlosti i u MS podlozi sa različitim koncentracijama biljnih regulatora rasta, nakon 6 sedmica uzgoja sa rezultatima dvofaktorijalne analize varijanse. **MKB-0** – 0,1 mg/L 6-BAP; **MKB-1** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L IBA; **MKB-2** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,3 mg/L IBA; **MKB-3** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,5 mg/L IBA; **MKM-0** – 0,1 mg/L mT; **MKM-1** – 0,1 mg/L mT + 0,1 mg/L IBA; **MKM-2** – 0,1 mg/L mT + 0,3 mg/L IBA; **MKM-3** – 0,1 mg/L mT + 0,5 mg/L IBA.

Izvor svjetlosti	Biljni regulatori rasta	In vitro ukorjenjavanje (%)		
		$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	Vk (%)	
Fluorescentno	MKB-0	20,00 $\pm$ 3,85 ^{Cc}	33,33	
	MKB-1	33,33 $\pm$ 3,85 ^{Cab}	20,00	
	MKB-2	40,00 $\pm$ 3,85 ^{Ca}	16,67	
	MKB-3	40,00 $\pm$ 3,85 ^{Ca}	16,67	
	MKM-0	26,67 $\pm$ 3,85 ^{Cc}	25,00	
	MKM-1	26,67 $\pm$ 3,85 ^{Cbc}	25,00	
	MKM-2	40,00 $\pm$ 3,85 ^{Cab}	16,67	
Crveno + plavo LED (1:1)	MKB-0	40,00 $\pm$ 3,85 ^{Bc}	16,67	
	MKB-1	46,67 $\pm$ 3,85 ^{Bab}	14,29	
	MKB-2	55,56 $\pm$ 5,88 ^{Ba}	18,33	
	MKB-3	57,78 $\pm$ 5,88 ^{Ba}	17,63	
	MKM-0	33,33 $\pm$ 3,85 ^{Bc}	20,00	
	MKM-1	33,33 $\pm$ 3,85 ^{Bbc}	20,00	
	MKM-2	40,00 $\pm$ 3,85 ^{Bab}	16,67	
Crveno LED	MKB-0	20,00 $\pm$ 3,85 ^{Cc}	33,33	
	MKB-1	33,33 $\pm$ 3,85 ^{Cab}	20,00	
	MKB-2	26,67 $\pm$ 3,85 ^{Ca}	25,00	
	MKB-3	42,22 $\pm$ 5,88 ^{Ca}	24,12	
	MKM-0	26,67 $\pm$ 3,85 ^{Cc}	25,00	
	MKM-1	26,67 $\pm$ 3,85 ^{Cbc}	25,00	
	MKM-2	33,33 $\pm$ 3,85 ^{Cab}	20,00	
Plavo LED	MKB-0	60,00 $\pm$ 3,85 ^{Ac}	11,11	
	MKB-1	68,89 $\pm$ 5,88 ^{Aab}	14,78	
	MKB-2	71,11 $\pm$ 5,88 ^{Aa}	14,32	
	MKB-3	71,11 $\pm$ 5,88 ^{Aa}	14,32	
	MKM-0	46,67 $\pm$ 3,85 ^{Ac}	14,29	
	MKM-1	64,44 $\pm$ 5,88 ^{Abc}	15,80	
	MKM-2	75,56 $\pm$ 5,88 ^{Aab}	13,48	
Analiza varijanse				
Izvor varijacije	df	F	p	η^2_p
Svjetlo	3	104,260	<0,001***	0,830
Biljni regulatori rasta	7	10,708	<0,001***	0,539
Svjetlo * Biljni regulatori rasta	21	1,381	0,162	0,312
R ² = 0,802				

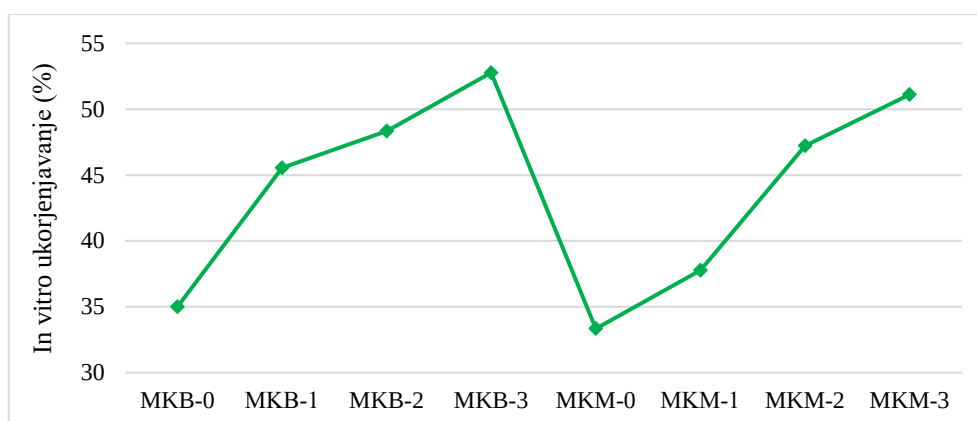
$\bar{X}$ – aritmetička sredina, $S_{\bar{x}}$ – standardna greška aritmetičke sredine, Vk – koeficijent varijacije, df – stepeni slobode, F – F vrijednost, p – statistička značajnost, η^2_p – veličina efekta, R² – koeficijent determinacije.

Srednje vrijednosti obilježene različitim slovima se statistički značajno razlikuju na osnovu Tukijevog HSD testa (p≤0,05). Pošto interakcija između faktora nije bila statistički značajna, efekti glavnih faktora su analizirani odvojeno, pri čemu su izvori svjetlosti označeni velikim slovima (A, B, C), a tretmani biljnim regulatorima rasta malim slovima (a, b, c) (vidjeti Tabelu P1.2.6. i Tabelu P1.2.7. u Prilogu 1).



Grafikon 6.19. Uticaj svjetlosti na procenat *in vitro* ukorjenjavanja eksplantata ruzmarina (*Rosmarinus officinalis* L.). **F** – fluorescentno svjetlo, **CP** – crveno + plavo LED svjetlo [1:1], **C** – crveno LED svjetlo, **P** – plavo LED svjetlo.

Plavo LED svjetlo je imalo statistički visoko značajan efekat na povećanje procenta *in vitro* ukorjenjavanja ($p < 0,01$) u poređenju sa ostalim izvorima svjetlosti, dok je najniži procenat ukorjenjavanja zabilježen pod crvenim LED svjetlom.



Grafikon 6.20. Uticaj biljnih regulatora rasta na procenat *in vitro* ukorjenjavanja eksplantata ruzmarina (*Rosmarinus officinalis* L.). **MKB-0** – 0,1 mg/L 6-BAP; **MKB-1** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L IBA; **MKB-2** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,3 mg/L IBA; **MKB-3** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,5 mg/L IBA; **MKM-0** – 0,1 mg/L mT; **MKM-1** – 0,1 mg/L mT + 0,1 mg/L IBA; **MKM-2** – 0,1 mg/L mT + 0,3 mg/L IBA; **MKM-3** – 0,1 mg/L mT + 0,5 mg/L IBA.

Povećanje koncentracije IBA-e u MS podlozi je rezultiralo povećanjem procenta *in vitro* ukorjenjavanja. Tretmani sa dodatkom auksina su bili statistički značajno uspješniji ($p < 0,05$) u odnosu na tretmane bez auksina, bez obzira na tip citokinina u podlozi (MKB-0 i MKM-0). Tretmani koji su sadržavali 6-BAP su generalno dali bolje rezultate u odnosu na one sa mT-om.

Broj korjenova

U Tabeli 6.16. su predstavljeni rezultati analize uticaja spektra svjetlosti i biljnih regulatora rasta na prosječan broj korjenova na ukorijenjenim eksplantatima ruzmarina.

Tabela 6.16. Prosječan broj korjenova na ukorijenjenim eksplantatima ruzmarina (*Rosmarinus officinalis* L.) uzgajanim pod različitim izvorima svjetlosti i u MS podlozi sa različitim koncentracijama biljnih regulatora rasta, nakon 6 sedmica uzgoja sa rezultatima dvofaktorijalne analize varijanse. **MKB-0** – 0,1 mg/L 6-BAP; **MKB-1** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L IBA; **MKB-2** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,3 mg/L IBA; **MKB-3** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,5 mg/L IBA; **MKM-0** – 0,1 mg/L mT; **MKM-1** – 0,1 mg/L mT + 0,1 mg/L IBA; **MKM-2** – 0,1 mg/L mT + 0,3 mg/L IBA; **MKM-3** – 0,1 mg/L mT + 0,5 mg/L IBA.

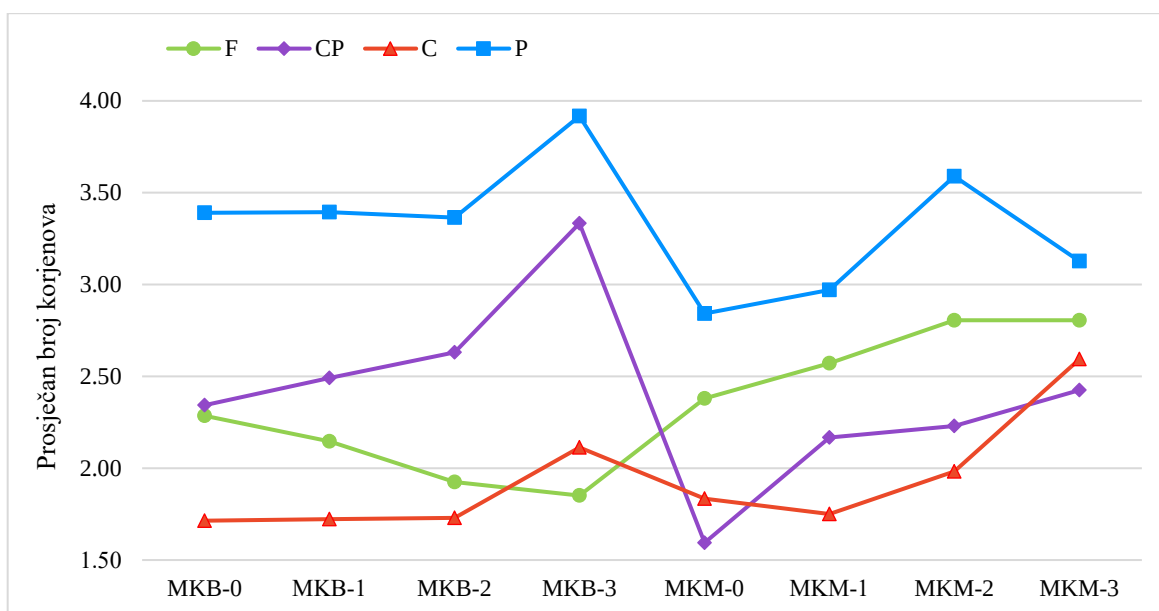
Izvor svjetlosti	Biljni regulatori rasta	Broj korjenova			
		$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	Vk (%)		
Fluorescentno	MKB-0	2,28 ± 0,26 ^{cdefgh}	30,57		
	MKB-1	2,15 ± 0,14 ^{defgh}	17,83		
	MKB-2	1,93 ± 0,17 ^{efgh}	26,36		
	MKB-3	1,85 ± 0,19 ^{fgh}	30,34		
	MKM-0	2,38 ± 0,28 ^{cdefgh}	30,70		
	MKM-1	2,57 ± 0,25 ^{bcdefgh}	26,16		
	MKM-2	2,81 ± 0,19 ^{bcdefg}	19,81		
Crveno + plavo LED (1:1)	MKB-0	2,34 ± 0,19 ^{cdefgh}	23,31		
	MKB-1	2,49 ± 0,24 ^{cdefgh}	28,41		
	MKB-2	2,63 ± 0,15 ^{bcdefgh}	16,78		
	MKB-3	3,33 ± 0,16 ^{abc}	14,14		
	MKM-0	1,59 ± 0,20 ^h	32,96		
	MKM-1	2,17 ± 0,26 ^{defgh}	34,15		
	MKM-2	2,23 ± 0,23 ^{defgh}	28,80		
Crveno LED	MKB-0	1,71 ± 0,21 ^{fgh}	33,07		
	MKB-1	1,72 ± 0,16 ^h	27,37		
	MKB-2	1,73 ± 0,20 ^{gh}	32,56		
	MKB-3	2,11 ± 0,17 ^{defgh}	24,01		
	MKM-0	1,83 ± 0,19 ^{fgh}	30,49		
	MKM-1	1,75 ± 0,16 ^{fgh}	26,45		
	MKM-2	1,98 ± 0,24 ^{efgh}	36,29		
Plavo LED	MKB-0	2,59 ± 0,20 ^{bcdefgh}	23,20		
	MKB-1	3,39 ± 0,28 ^{abc}	24,45		
	MKB-2	3,39 ± 0,23 ^{abc}	20,19		
	MKB-3	3,36 ± 0,17 ^{abc}	15,01		
	MKB-3	3,92 ± 0,15 ^a	11,79		
	MKM-0	2,84 ± 0,18 ^{bcdef}	19,36		
	MKM-1	2,97 ± 0,19 ^{abcde}	19,20		
Plavo LED	MKM-2	3,59 ± 0,21 ^{ab}	17,60		
	MKM-3	3,13 ± 0,20 ^{abcd}	19,27		
Analiza varijanse					
Izvor varijacije		df	F	p	η ² _p
Svjetlo		3	69,546	<0,001***	0,465
Biljni regulatori rasta		7	4,426	<0,001***	0,114
Svjetlo * Biljni regulatori rasta		21	3,268	<0,001***	0,222
R ² = 0,503					

$\bar{X}$ – aritmetička sredina, $S_{\bar{x}}$ – standardna greška aritmetičke sredine, Vk – koeficijent varijacije, df – stepeni slobode, F – F vrijednost, p – statistička značajnost, η_p^2 – veličina efekta, R^2 – koeficijent determinacije.

Srednje vrijednosti obilježene različitim slovima se statistički značajno razlikuju na osnovu Tukijevog HSD testa ($p \leq 0,05$) (vidjeti Tabelu P1.2.8. u Prilogu 1).

Najveći prosječan broj korjenova je zabilježen kod eksplantata koji su uzgajani pod plavim LED svjetlom u MS podlozi sa dodatkom 0,1 mg/L 6-BAP + 0,5 mg/L IBA (MKB-3; $3,92 \pm 0,15$), dok je najniža prosječna vrijednost zabilježena pod kombinacijom crvenog i plavog LED svjeta u MS podlozi sa 0,1 mg/L mT-a i bez dodatnih auksina (MKM-0; $1,59 \pm 0,20$).

Rezultati dvofaktorijalne analize varijanse su pokazali statistički visoko značajan uticaj ($p < 0,001$), kako izvora svjetlosti, tako i biljnih regulatora rasta, kao i njihove međusobne interakcije, na prosječan broj korjenova na ukorijenjenim eksplantatima. Model pokazuje jak efekat interakcije ($\eta^2_p = 0,222$), dok koeficijent determinacije ($R^2 = 0,503$) ukazuje na to da model objašnjava 50,3% ukupne varijacije u prosječnom broju korjenova. Radi detaljnijeg uvida u interakcijski efekat, grafički su prikazane prosječne vrijednosti broja korjenova za sve kombinacije tretmana (Grafikon 6.21.).



Grafikon 6.21. Uticaj interakcije svjetlosti i biljnih regulatora rasta na prosječan broj korjenova na ukorijenjenim eksplantatima ruzmarina (*Rosmarinus officinalis* L.). F – fluorescentno svjetlo, CP – crveno + plavo LED svjetlo [1:1], C – crveno LED svjetlo, P – plavo LED svjetlo. MKB-0 – 0,1 mg/L 6-BAP; MKB-1 – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L IBA; MKB-2 – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,3 mg/L IBA; MKB-3 – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,5 mg/L IBA; MKM-0 – 0,1 mg/L mT; MKM-1 – 0,1 mg/L mT + 0,1 mg/L IBA; MKM-2 – 0,1 mg/L mT + 0,3 mg/L IBA; MKM-3 – 0,1 mg/L mT + 0,5 mg/L IBA.

Eksplantati ukorijenjeni pod plavim LED svjetlom su razvili veći prosječan broj korjenova u odnosu na sve ostale svjetlosne tretmane, s tim da su ove razlike bile statistički visoko značajno veće ($p < 0,001$) od tretmana MKB-0, MKB-1, MKB-2, MKB-3, MKM-1 i MKM-2 pod crvenim LED svjetlom, kao i od tretmana MKM-0 ($p < 0,05$) i MKM-2 ($p < 0,01$) pod kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla.

Povećanje koncentracije IBA-e u podlogama sa dodatkom 6-BAP-a je rezultiralo rastom prosječnog broja korjenova pod LED izvorima svjetlosti, dok su, suprotno tome,

eksplantati gajeni pod fluorescentnim svjetlom imali najveći broj korjenova u tretmanu MKB-0, odnosno MKB-1.

U podlogama sa dodatkom mT-a, povećanje koncentracije IBA-e je dovelo do povećanja prosječnog broja korjenova pod fluorescentnim svjetlom, kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla i crvenim LED svjetlom, dok je pod plavim LED svjetlom najbolji rezultat postignut u tretmanu MKM-2.

Generalno posmatrano, mT je bio efikasniji u odnosu na 6-BAP pri svim ispitivanim koncentracijama pod fluorescentnim i crvenim LED svjetlom, dok je 6-BAP dao bolje rezultate pod kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla i plavim LED svjetlom.

Dužina korijena

Podaci o uticaju različitih tipova svjetlosti i regulatora rasta na prosječnu dužinu korijena eksplantata ruzmarina prikazani su u Tabeli 6.17.

Najveću prosječnu dužinu korijena su imali eksplantati ukorijenjeni pod plavim LED svjetlom u MS podlozi sa dodatkom 0,1 mg/L mT + 0,5 mg/L IBA (MKM-3; $75,77 \pm 1,35$ mm). S druge strane, najkraći korjenov sistem su razvili eksplantati ukorijenjeni pod fluorescentnim svjetlom u MS podlozi sa 0,1 mg/L 6-BAP-a bez dodatka auksina (MKB-0; $36,53 \pm 2,58$ mm).

Dvofaktorijska analiza varijanse je pokazala statistički visoko značajan uticaj spektralnog sastava svjetlosti i biljnih regulatora rasta ($p < 0,001$), kao i njihove međusobne interakcije ($p < 0,01$). Model pokazuje jak efekat interakcije ($\eta^2_p = 0,157$), dok koeficijent determinacije ($R^2 = 0,729$) ukazuje na to da model objašnjava 72,9% ukupne varijacije u prosječnoj dužini korijena. Da bi se bolje razumio međusobni uticaj faktora, prosječna dužina korijena eksplantata je analizirana u interakcijama svjetla i biljnih regulatora rasta (Grafikon 6.22.).

Tabela 6.17. Prosječna dužina korijena na ukorijenjenim eksplantatima ruzmarina (*Rosmarinus officinalis* L.) uzgajanim pod različitim izvorima svjetlosti i u MS podlozi sa različitim koncentracijama biljnih regulatora rasta, nakon 6 sedmica uzgoja sa rezultatima dvofaktorijalne analize varijanse. **MKB-0** – 0,1 mg/L 6-BAP; **MKB-1** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L IBA; **MKB-2** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,3 mg/L IBA; **MKB-3** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,5 mg/L IBA; **MKM-0** – 0,1 mg/L mT; **MKM-1** – 0,1 mg/L mT + 0,1 mg/L IBA; **MKM-2** – 0,1 mg/L mT + 0,3 mg/L IBA; **MKM-3** – 0,1 mg/L mT + 0,5 mg/L IBA.

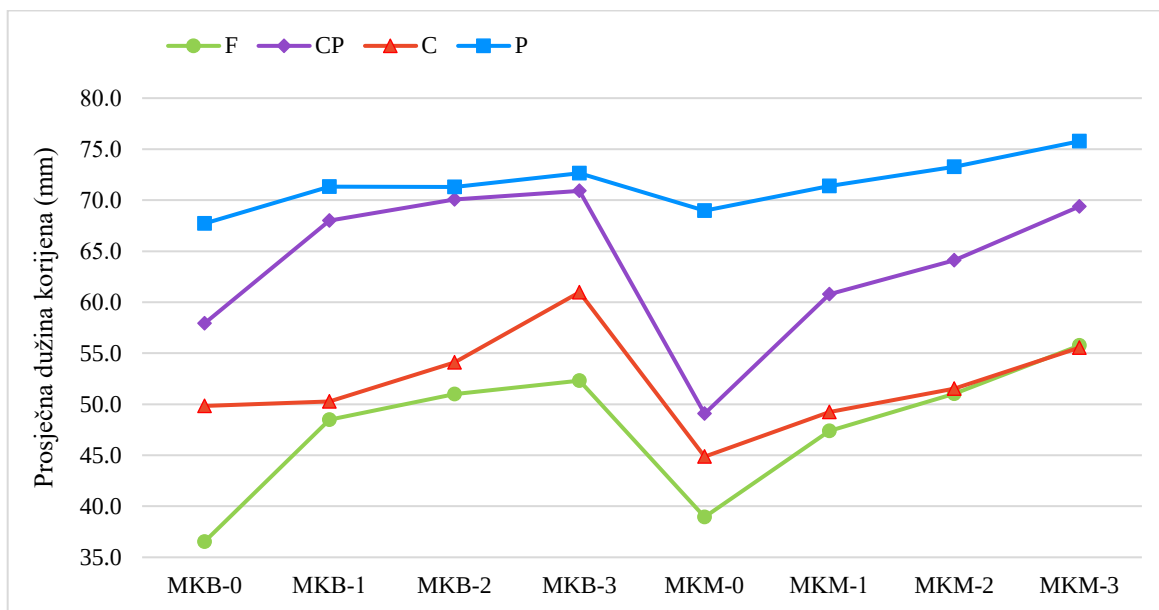
Izvor svjetlosti	Biljni regulatori rasta	Dužina korijena (mm)		
		$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	Vk (%)	
Fluorescentno	MKB-0	36,53 $\pm$ 2,58 ^j	19,56	
	MKB-1	48,49 $\pm$ 3,33 ^{ghij}	19,29	
	MKB-2	51,00 $\pm$ 2,60 ^{fghi}	18,57	
	MKB-3	52,32 $\pm$ 2,66 ^{efgh}	20,56	
	MKM-0	38,95 $\pm$ 2,33 ^{ij}	19,47	
	MKM-1	47,40 $\pm$ 1,89 ^{ghij}	15,27	
	MKM-2	51,01 $\pm$ 2,00 ^{fghi}	18,09	
	MKM-3	55,75 $\pm$ 2,08 ^{efgh}	14,66	
Crveno + plavo LED (1:1)	MKB-0	57,92 $\pm$ 3,28 ^{defg}	14,90	
	MKB-1	67,99 $\pm$ 1,19 ^{abcd}	14,18	
	MKB-2	70,06 $\pm$ 2,34 ^{abc}	15,00	
	MKB-3	70,91 $\pm$ 1,34 ^{abc}	16,42	
	MKM-0	49,08 $\pm$ 1,86 ^{fghij}	21,08	
	MKM-1	60,97 $\pm$ 1,95 ^{bedef}	16,91	
	MKM-2	64,12 $\pm$ 2,28 ^{abcde}	18,02	
	MKM-3	69,39 $\pm$ 1,11 ^{abcd}	14,02	
Crveno LED	MKB-0	49,84 $\pm$ 3,56 ^{fghi}	20,25	
	MKB-1	50,27 $\pm$ 2,43 ^{fghi}	18,14	
	MKB-2	54,09 $\pm$ 2,26 ^{efgh}	17,02	
	MKB-3	60,97 $\pm$ 2,95 ^{cdef}	17,47	
	MKM-0	44,87 $\pm$ 1,76 ^{hij}	22,03	
	MKM-1	49,25 $\pm$ 1,84 ^{fghi}	15,14	
	MKM-2	51,54 $\pm$ 1,31 ^{fgh}	17,04	
	MKM-3	55,55 $\pm$ 2,74 ^{efgh}	18,68	
Plavo LED	MKB-0	67,72 $\pm$ 2,16 ^{abcd}	17,72	
	MKB-1	71,32 $\pm$ 1,92 ^{abc}	16,60	
	MKB-2	71,28 $\pm$ 1,98 ^{abc}	15,93	
	MKB-3	72,63 $\pm$ 1,95 ^{ab}	16,42	
	MKM-0	68,97 $\pm$ 2,66 ^{abcd}	16,85	
	MKM-1	71,38 $\pm$ 1,31 ^{abc}	16,11	
	MKM-2	73,26 $\pm$ 1,42 ^a	13,99	
	MKM-3	75,77 $\pm$ 1,35 ^a	14,05	
Analiza varijanse				
Izvor varijacije	df	F	p	η^2_p
Svjetlo	3	197,551	<0,001***	0,712
Biljni regulatori rasta	7	19,847	<0,001***	0,367
Svjetlo * Biljni regulatori rasta	21	2,131	<0,01**	0,157
R ² = 0,729				

$\bar{X}$ – aritmetička sredina, $S_{\bar{x}}$ – standardna greška aritmetičke sredine, Vk – koeficijent varijacije, df – stepeni slobode, F – F vrijednost, p – statistička značajnost, η^2_p – veličina efekta, R² – koeficijent determinacije.

Srednje vrijednosti obilježene različitim slovima se statistički značajno razlikuju na osnovu Tukijevog HSD testa (p≤0,05) (vidjeti Tabelu P1.2.9. u Prilogu 1).

Posmatrano po tipovima svjetla, eksplantati uzgajani na MS podlozi bez dodatka auksina (MKB-0 i MKM-0) su razvili kraći korijen u poređenju sa tretmanima koji su sadržavali IBA-u. Ova razlika je bila statistički visoko značajna (p<0,001) u odnosu na tretmane koji su sadržavali 0,5 mg/L IBA-u (MKB-3 i MKM-3) pod fluorescentnim svjetlom i kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla.

Kod eksplantata ukorijenjenih pod plavim LED svjetlom je, u prosjeku, zabilježen duži korijen u odnosu na ostale izvore svjetlosti, a najizraženije razlike su vidljive u poređenju sa fluorescentnim i crvenim LED svjetlima.



Grafikon 6.22. Uticaj interakcije svjetlosti i biljnih regulatora rasta na prosječnu dužinu korijena na ukorijenjenim eksplantatima ruzmarina (*Rosmarinus officinalis* L.). **F** – fluorescentno svjetlo, **CP** – crveno + plavo LED svjetlo [1:1], **C** – crveno LED svjetlo, **P** – plavo LED svjetlo. **MKB-0** – 0,1 mg/L 6-BAP; **MKB-1** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L IBA; **MKB-2** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,3 mg/L IBA; **MKB-3** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,5 mg/L IBA; **MKM-0** – 0,1 mg/L mT; **MKM-1** – 0,1 mg/L mT + 0,1 mg/L IBA; **MKM-2** – 0,1 mg/L mT + 0,3 mg/L IBA; **MKM-3** – 0,1 mg/L mT + 0,5 mg/L IBA.

Povećanje koncentracije IBA-e u podlogama je dovelo do izduživanja korijena pod svim izvorima svjetlosti, bez obzira na to da li je u podlozi primijenjen 6-BAP ili mT. Tako su najbolji rezultati u svim kombinacijama tretmana dobijeni u MS podlogama sa dodatkom 0,5 mg/L IBA-e.

mT je pokazao jače inhibitorno dejstvo na izduživanje korijena od 6-BAP-a pod crvenim LED svjetlom i kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla, dok je 6-BAP pokazao jaču inhibiciju pod plavim LED svjetlom. S druge strane, pod fluorescentnim svjetlom, mT u kombinaciji sa 0,5 mg/L IBA-e je djelovao bolje na izduživanje korijena u poređenju sa drugim tretmanima koji su sadržavali 6-BAP.

6.2.3. Aklimatizacija i stopa preživljavanja biljaka u ex vitro uslovima

Tabela 6.18. prikazuje efekte spektralnog sastava svjetlosti i koncentracije biljnih regulatora rasta na stopu preživljavanja biljaka ruzmarina nakon dvije sedmice aklimatizacije, a u zavisnosti od tretmana primijenjenih u fazi *in vitro* ukorjenjavanja.

Tabela 6.18. Prosječna stopa preživljavanja ukorijenjenih biljaka ruzmarina (*Rosmarinus officinalis* L.) nakon dvije sedmice aklimatizacije, a u zavisnosti od tretmana svjetlom i biljnim regulatorima rasta u procesu *in vitro* ukorjenjavanja. U tabeli su prikazani i rezultati ART analize varijanse. **MKB-0** – 0,1 mg/L 6-BAP; **MKB-1** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L IBA; **MKB-2** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,3 mg/L IBA; **MKB-3** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,5 mg/L IBA; **MKM-0** – 0,1 mg/L mT; **MKM-1** – 0,1 mg/L mT + 0,1 mg/L IBA; **MKM-2** – 0,1 mg/L mT + 0,3 mg/L IBA; **MKM-3** – 0,1 mg/L mT + 0,5 mg/L IBA.

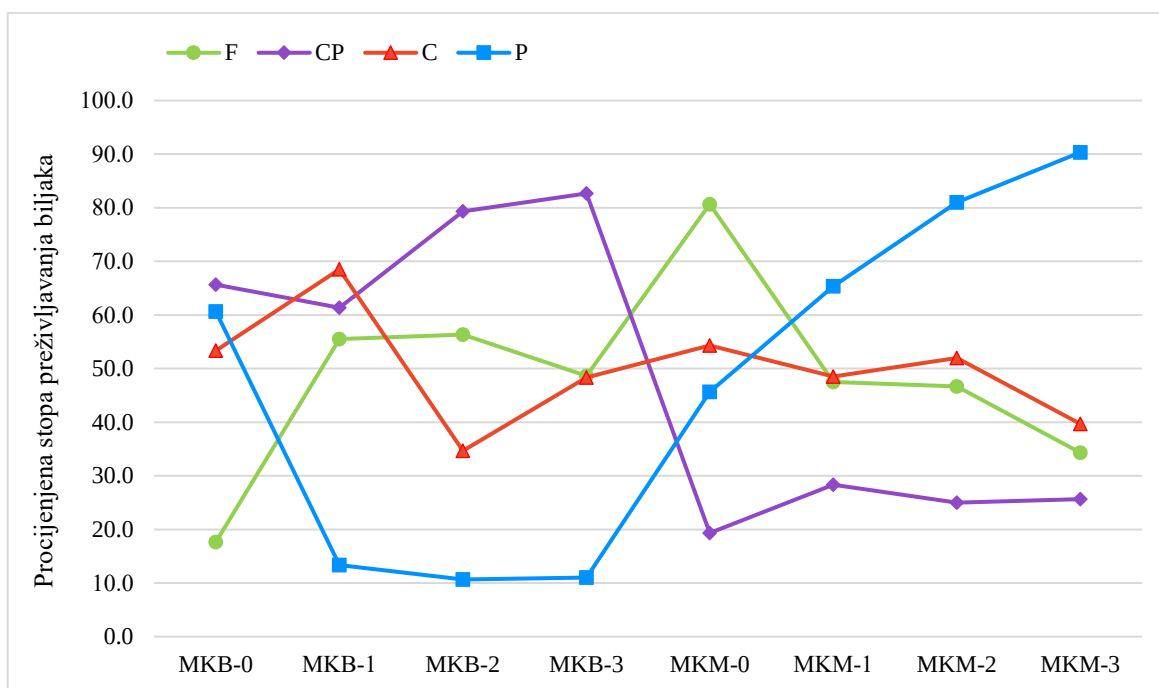
Izvor svjetlosti	Biljni regulatori rasta	Stopa preživljavanja (%)			
		$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	Vk (%)		
Fluorescentno	MKB-0	17,77 $\pm$ 2,23 ^{bcd}	21,77		
	MKB-1	28,90 $\pm$ 2,20 ^{abcd}	13,19		
	MKB-2	37,77 $\pm$ 4,47 ^{abcd}	20,48		
	MKB-3	37,77 $\pm$ 2,23 ^{abcd}	10,24		
	MKM-0	40,00 $\pm$ 3,87 ^{abc}	16,75		
	MKM-1	26,67 $\pm$ 3,84 ^{abcd}	24,94		
	MKM-2	37,77 $\pm$ 4,47 ^{abcd}	20,48		
Crveno + plavo LED (1:1)	MKM-3	37,80 $\pm$ 5,88 ^{abcd}	26,93		
	MKB-0	35,53 $\pm$ 2,23 ^{abcd}	10,89		
	MKB-1	35,53 $\pm$ 2,23 ^{abcd}	10,89		
	MKB-2	51,13 $\pm$ 4,43 ^{abc}	15,02		
	MKB-3	57,80 $\pm$ 5,88 ^{ab}	17,61		
	MKM-0	28,90 $\pm$ 2,20 ^{bcd}	13,19		
	MKM-1	26,67 $\pm$ 3,84 ^{abcd}	24,94		
Crveno LED	MKM-2	35,57 $\pm$ 5,88 ^{abcd}	28,65		
	MKM-3	42,23 $\pm$ 4,47 ^{abcd}	18,32		
	MKB-0	20,00 $\pm$ 3,87 ^{abcd}	33,50		
	MKB-1	24,47 $\pm$ 2,23 ^{abcd}	15,81		
	MKB-2	24,47 $\pm$ 2,23 ^{abcd}	15,81		
	MKB-3	31,13 $\pm$ 4,43 ^{abcd}	24,66		
	MKM-0	24,47 $\pm$ 2,23 ^{abcd}	15,81		
Plavo LED	MKM-1	20,00 $\pm$ 0,00 ^{abcd}	0,00		
	MKM-2	31,10 $\pm$ 5,88 ^{abcd}	32,73		
	MKM-3	33,33 $\pm$ 3,84 ^{abcd}	19,95		
	MKB-0	44,47 $\pm$ 2,23 ^{abcd}	8,70		
	MKB-1	31,10 $\pm$ 2,20 ^{cd}	12,25		
	MKB-2	37,77 $\pm$ 2,23 ^d	10,24		
	MKB-3	42,23 $\pm$ 2,23 ^d	9,16		
Plavo LED	MKM-0	44,47 $\pm$ 2,23 ^{abcd}	8,70		
	MKM-1	46,67 $\pm$ 3,84 ^{abcd}	14,25		
	MKM-2	64,43 $\pm$ 4,43 ^{ab}	11,92		
	MKM-3	71,13 $\pm$ 4,43 ^a	10,79		
ART analiza varijanse					
Izvor varijacije		df	F	p	η^2_p
Svjetlo		3	54,056	<0,001***	0,717
Biljni regulatori rasta		7	15,341	<0,001***	0,627
Svjetlo * Biljni regulatori rasta		21	4,962	<0,001***	0,620

$\bar{X}$ – aritmetička sredina, $S_{\bar{x}}$ – standardna greška aritmetičke sredine, Vk – koeficijent varijacije, df – stepeni slobode, F – F vrijednost, p – statistička značajnost, η^2_p – veličina efekta.

Srednje vrijednosti obilježene različitim slovima se statistički značajno razlikuju na osnovu Tukijevog HSD testa ($p \leq 0,05$) koji je sproveden na procijenjenim srednjim vrijednostima iz ART modela (vidjeti Tabelu P1.2.10. u Prilogu 1).

Najveća stopa preživljavanja biljaka ruzmarina u *ex vitro* uslovima je zabilježena kod eksplantata koji su ukorijenjeni pod plavim svjetlom u MS podlozi sa dodatkom 0,1 mg/L mT + 0,5 mg/L IBA (MKM-3; $71,13 \pm 4,43$ %). S druge strane, najnižu stopu preživljavanja su imali eksplantati ukorijenjeni pod fluorescentnim svjetlom u MS podlozi sa dodatkom 0,1 mg/L 6-BAP-a i bez dodatog auksina (MKB-0; $17,77 \pm 2,23$ %).

Rezultati ART analize varijanse su pokazali statistički visoko značajan uticaj ($p < 0,001$) spektralnog sastava svjetlosti i biljnih regulatora rasta, kao i njihove međusobne interakcije, na stopu preživljavanja biljaka u *ex vitro* uslovima. Utvrđen je izrazito snažan efekat interakcije na posmatrani parametar ($\eta^2_p = 0,620$), što ukazuje na visok stepen zavisnosti odgovora biljaka od kombinovanog dejstva analiziranih faktora. U nastavku su grafički prikazane procijenjene srednje vrijednosti stope preživljavanja, dobijene na osnovu ART modela, pri čemu je analiza interakcijskih efekata sprovedena nad rangiranim i poravnanim vrijednostima, kako bi se obezbijedila validnost testiranja u uslovima odstupanja od pretpostavki klasične analize varijanse (Grafikon 6.23.).



Grafikon 6.23. Procijenjene prosječne stope preživljavanja ukorijenjenih biljaka ruzmarina (*Rosmarinus officinalis* L.) nakon dvije sedmice aklimatizacije, dobijene na osnovu ART modela, u zavisnosti od tretmana svjetlom i biljnim regulatorima rasta tokom *in vitro* ukorjenjavanja. **F** – fluorescentno svjetlo, **CP** – crveno + plavo LED svjetlo [1:1], **C** – crveno LED svjetlo, **P** – plavo LED svjetlo. **MKB-0** – 0,1 mg/L 6-BAP; **MKB-1** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L IBA; **MKB-2** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,3 mg/L IBA; **MKB-3** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,5 mg/L IBA; **MKM-0** – 0,1 mg/L mT; **MKM-1** – 0,1 mg/L mT + 0,1 mg/L IBA; **MKM-2** – 0,1 mg/L mT + 0,3 mg/L IBA; **MKM-3** – 0,1 mg/L mT + 0,5 mg/L IBA.

Najviša procijenjena stopa preživljavanja zabilježena je kod biljaka ukorijenjenih pod plavim LED svjetlom u tretmanu MKM-3, pri čemu su vrijednosti postepeno rasle sa povećanjem koncentracije IBA-e. Nasuprot tome, kombinacija crvenog i plavog LED svjetla pokazala je znatno niže procijenjene vrijednosti, posebno u tretmanima sa IBA-om (MKM-1, MKM-2 i MKM-3).

Obrnuti trend je uočen kod MS podloga sa dodatkom 6-BAP-a (MKB), gdje je kombinacija crvenog i plavog LED svjetla dala bolje rezultate u odnosu na plavo LED svjetlo, sa najvišom procijenjenom vrijednošću u tretmanu sa 0,5 mg/L IBA-e (MKB-3).

Uopšteno posmatrano, biljke ukorijenjene pod fluorescentnim svjetlom i kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla u MKB tretmanima imale su višu procijenjenu stopu preživljavanja u odnosu na tretmane sa mT-om. S druge strane, za biljke ukorijenjene pod plavim LED svjetlom, tretmani sa mT-om su dali bolje rezultate od onih sa 6-BAP-om, dok su pod crvenim LED svjetlom procijenjene vrijednosti bile promjenljive i bez jasnog trenda.

6.3. Podubica (*Teucrium chamaedrys* L.)

6.3.1. Faza multiplikacije

Svježa masa eksplantata

Uticaj svjetlosnog spektra i biljnih regulatora rasta na prosječnu svježu masu eksplantata podubice prikazan je u Tabeli 6.19.

Tabela 6.19. Prosječna svježa masa eksplantata podubice (*Teucrium chamaedrys* L.) uzgajanih pod različitim izvorima svjetlosti i u MS podlozi sa različitim koncentracijama biljnih regulatora rasta, nakon 6 sedmica uzgoja, sa rezultatima dvofaktorijske analize varijanse. **MS-0** – 0,1 mg/L NAA; **MB-1** – 0,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-2** – 1,0 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-3** – 1,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MT-1** – 0,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-2** – 1,0 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-3** – 1,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA.

Izvor svjetlosti	Biljni regulatori rasta	Svježa masa (mg)			
		$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	Vk (%)		
Fluorescentno	MS-0	104,43 ± 2,01 ^{ij}	7,46		
	MB-1	150,74 ± 3,49 ^c	8,96		
	MB-2	179,37 ± 3,64 ^b	7,86		
	MB-3	192,40 ± 3,03 ^b	6,09		
	MT-1	134,78 ± 2,94 ^{defg}	8,44		
	MT-2	140,23 ± 3,32 ^{cdef}	9,17		
	MT-3	147,11 ± 2,79 ^{cd}	7,35		
Crveno + plavo LED (1:1)	MS-0	96,49 ± 2,84 ⁱ	11,39		
	MB-1	184,28 ± 3,64 ^b	7,66		
	MB-2	193,73 ± 3,47 ^b	6,93		
	MB-3	209,57 ± 2,70 ^a	4,99		
	MT-1	125,07 ± 2,50 ^{fgh}	7,73		
	MT-2	132,37 ± 3,25 ^{defgh}	9,52		
	MT-3	133,31 ± 3,05 ^{defgh}	8,87		
Crveno LED	MS-0	66,19 ± 2,09 ^k	12,22		
	MB-1	119,11 ± 2,71 ^{hi}	8,83		
	MB-2	119,63 ± 2,57 ^{ghi}	8,32		
	MB-3	152,86 ± 3,46 ^c	8,78		
	MT-1	101,50 ± 2,12 ^j	8,08		
	MT-2	104,68 ± 2,84 ^{ij}	10,51		
	MT-3	106,47 ± 2,22 ^{ij}	8,06		
Plavo LED	MS-0	79,09 ± 2,12 ^k	10,38		
	MB-1	139,71 ± 2,28 ^{cdef}	6,31		
	MB-2	140,37 ± 2,75 ^{cdef}	7,58		
	MB-3	142,61 ± 3,38 ^{cde}	9,17		
	MT-1	126,56 ± 3,32 ^{fgh}	10,17		
	MT-2	131,17 ± 2,78 ^{efgh}	8,21		
	MT-3	132,41 ± 3,45 ^{defgh}	10,08		
Analiza varijanse					
Izvor varijacije		df	F	p	η ² _p
Svjetlo		3	338,717	<0,001***	0,722
Biljni regulatori rasta		6	379,396	<0,001***	0,853
Svjetlo * Biljni regulatori rasta		18	20,446	<0,001***	0,484
R ² = 0,897					

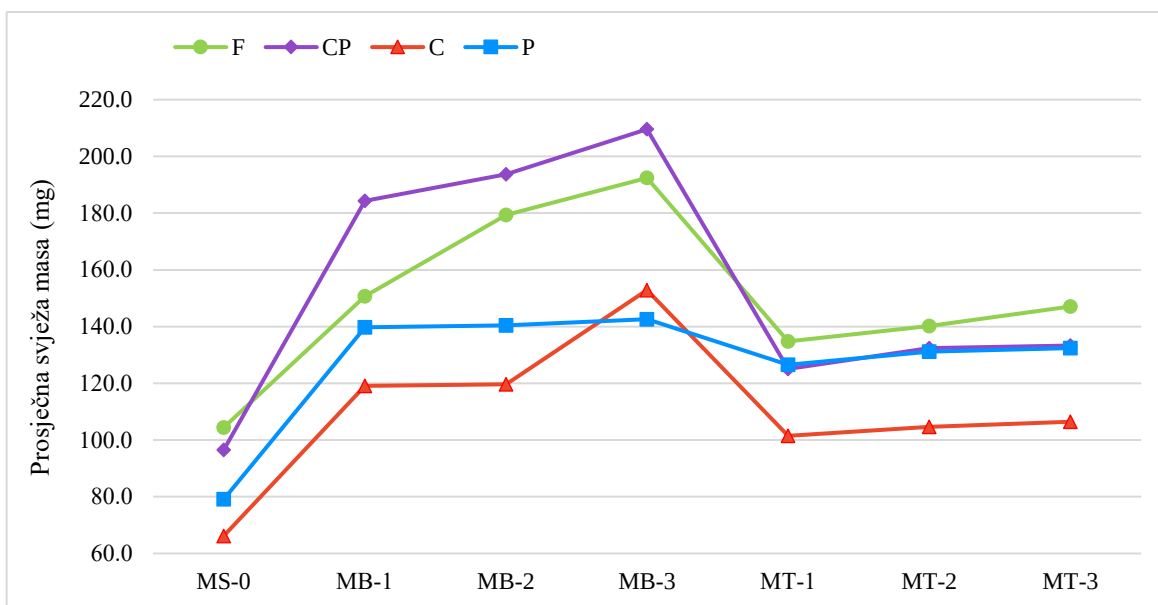
$\bar{X}$ – aritmetička sredina, $S_{\bar{x}}$ – standardna greška aritmetičke sredine, Vk – koeficijent varijacije, df – stepeni slobode, F – F vrijednost, p – statistička značajnost, η^2_p – veličina efekta, R² – koeficijent determinacije.

Srednje vrijednosti obilježene različitim slovima se statistički značajno razlikuju na osnovu Tukijevog HSD testa ($p \leq 0,05$) (vidjeti Tabelu P1.3.1. u Prilogu 1).

Najviša prosječna vrijednost svježe mase je zabilježena kod eksplantata koji su uzgajani pod kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla u MS podlozi sa dodatkom 1,5

mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA (MB-3; $209,57 \pm 2,70$ mg), dok je najniža prosječna vrijednost zabilježena pod crvenim LED svjetlom u MS podlozi bez dodatnih citokinina (MS-0; $66,19 \pm 2,09$ mg).

Dvofaktorijska analiza varijanse je pokazala statistički visoko značajan uticaj ($p < 0,001$), kako spektralnog sastava svjetlosti i biljnih regulatora rasta, tako i njihove međusobne interakcije na formiranje svježe mase eksplantata podubice. U okviru modela zabilježen je jak efekat interakcije ($\eta^2_p = 0,484$), dok koeficijent determinacije ($R^2 = 0,897$) ukazuje da model objašnjava 89,7 % ukupne varijacije u svježoj masi eksplantata. Da bi se bolje razumio međusobni uticaj svjetla i biljnih regulatora rasta, u nastavku je analizirana prosječna svježa masa eksplantata u interakcijama pojedinačnih faktora (Grafikon 6.24.).



Grafikon 6.24. Uticaj interakcije svjetlosti i biljnih regulatora rasta na prosječnu svježu masu eksplantata podubice (*Teucrium chamaedrys* L.). F – fluorescentno svjetlo, CP – crveno + plavo LED svjetlo [1:1], C – crveno LED svjetlo, P – plavo LED svjetlo. MS-0 – 0,1 mg/L NAA; MB-1 – 0,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; MB-2 – 1,0 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; MB-3 – 1,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; MT-1 – 0,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; MT-2 – 1,0 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; MT-3 – 1,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA.

Posmatrano po tipovima svjetlosti, eksplantati uzgajani u MS-0 tretmanu formirali su niže prosječne vrijednosti svježe mase u odnosu na tretmane sa dodatkom citokinina, a te razlike su bile visoko statistički značajne ($p < 0,001$). Kombinacija crvenog i plavog LED svjetla pokazala je najpovoljniji učinak na formiranje svježe mase, s visoko značajnim razlikama ($p < 0,001$) u odnosu na tretmane sa 6-BAP-om (MB-1, MB-2 i MB-3) pod crvenim LED i plavim LED svjetlom. S druge strane, fluorescentno svjetlo je pokazalo statistički visoko značajno bolji efekat u poređenju sa svim tretmanima pod crvenim LED svjetlom.

Povećanje koncentracije 6-BAP-a u podlozi rezultiralo je povećanjem prosječne svježe mase pod svim tipovima svjetlosti, ali je taj efekat bio najmanje izražen pod plavim LED svjetlom, kao i pri nižim koncentracijama (MB-1 i MB-2) pod crvenim LED svjetlom. Kod tretmana sa mT-om, povećanje koncentracije ovog citokinina dovelo je do blagog povećanja svježe mase, bez obzira na izvor svjetlosti.

6-BAP je bio efikasniji od mT-a pri svim ispitivanim koncentracijama i pod svim svjetlosnim uslovima, s tim da su ove razlike bile naročito izražene ($p < 0,001$) pod fluorescentnim svjetlom i kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla.

Suva masa eksplantata

U Tabeli 6.20. su predstavljeni rezultati analize uticaja spektra svjetlosti i biljnih regulatora rasta na prosječnu suhu masu eksplantata podubice.

Najviša prosječna vrijednost suve mase je zabilježena kod eksplantata koji su uzgajani pod fluorescentnim svjetlom u MS podlozi sa dodatkom 1,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA (MB-3; $33,12 \pm 1,32$ mg), dok je najniža prosječna vrijednost zabilježena pod crvenim LED svjetlom u MS podlozi bez dodatih citokinina (MS-0; $9,11 \pm 0,72$ mg).

Dvofaktorijalna analiza varijanse je pokazala statistički visoko značajan uticaj ($p < 0,001$) i svjetlosti i biljnih regulatora rasta, kao i njihove međusobne interakcije na suhu masu eksplantata ružmarina. U okviru modela zabilježen je jak efekat interakcije ($\eta^2_p = 0,253$), dok koeficijent determinacije ($R^2 = 0,737$) pokazuje da model objašnjava 73,7% ukupne varijacije u suvoj masi eksplantata. Za potpunije razumijevanje interaktivnog djelovanja svjetlosti i regulatora rasta, analizirane su vrijednosti prosječne suve mase u okviru specifičnih kombinacija tretmana (Grafikon 6.25).

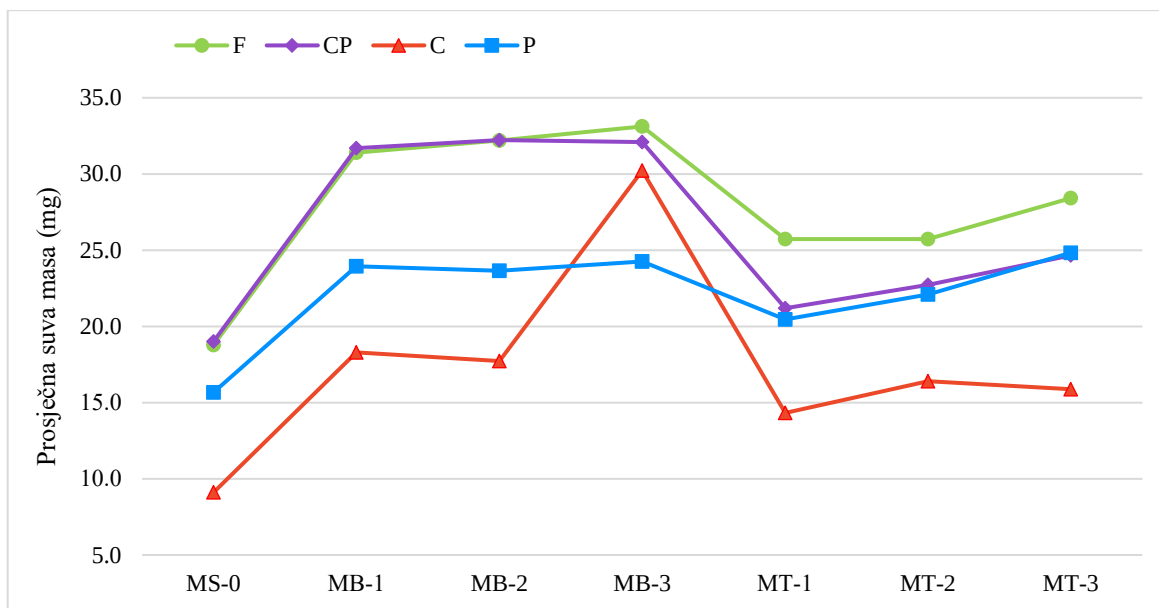
Tabela 6.20. Prosječna suva masa eksplantata podubice (*Teucrium chamaedrys* L.) uzgajanih pod različitim izvorima svjetlosti i u MS podlozi sa različitim koncentracijama biljnih regulatora rasta, nakon 6 sedmica uzgoja, sa rezultatima dvofaktorijalne analize varijanse. **MS-0** – 0,1 mg/L NAA; **MB-1** – 0,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-2** – 1,0 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-3** – 1,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MT-1** – 0,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-2** – 1,0 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-3** – 1,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA.

Izvor svjetlosti	Biljni regulatori rasta	Suva masa (mg)			
		$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	Vk (%)		
Fluorescentno	MS-0	18,79 ± 0,76 ^{ghijk}	15,72		
	MB-1	31,41 ± 1,14 ^a	14,02		
	MB-2	32,20 ± 1,28 ^a	15,35		
	MB-3	33,12 ± 1,32 ^a	15,41		
	MT-1	25,74 ± 1,08 ^{bcd}	16,24		
	MT-2	25,74 ± 0,90 ^{bcd}	13,48		
	MT-3	28,43 ± 0,89 ^{abc}	12,12		
Crveno + plavo LED (1:1)	MS-0	19,01 ± 0,92 ^{fghijk}	18,69		
	MB-1	31,69 ± 1,15 ^a	14,05		
	MB-2	32,23 ± 1,17 ^a	14,09		
	MB-3	32,09 ± 1,07 ^a	12,95		
	MT-1	21,20 ± 1,01 ^{defghi}	18,44		
	MT-2	22,73 ± 0,91 ^{defgh}	15,47		
	MT-3	24,67 ± 0,99 ^{cde}	15,5		
Crveno LED	MS-0	9,11 ± 0,72 ^l	30,61		
	MB-1	18,29 ± 0,80 ^{hijk}	16,92		
	MB-2	17,72 ± 0,83 ^{hijk}	18,21		
	MB-3	30,22 ± 1,03 ^{ab}	13,25		
	MT-1	14,32 ± 0,81 ^k	21,79		
	MT-2	16,40 ± 0,79 ^{ijk}	18,69		
	MT-3	15,89 ± 0,89 ^{jk}	21,59		
Plavo LED	MS-0	15,67 ± 0,74 ^{lk}	18,17		
	MB-1	23,95 ± 1,03 ^{cdef}	16,6		
	MB-2	23,66 ± 0,82 ^{cdefg}	13,44		
	MB-3	24,26 ± 0,84 ^{cde}	13,34		
	MT-1	20,46 ± 1,05 ^{efghij}	19,83		
	MT-2	22,09 ± 0,85 ^{defgh}	14,83		
	MT-3	24,83 ± 0,82 ^{cde}	12,78		
Analiza varijanse					
Izvor varijacije		df	F	p	η ² _p
Svjetlo		3	165,675	<0,001***	0,559
Biljni regulatori rasta		6	95,117	<0,001***	0,593
Svjetlo * Biljni regulatori rasta		18	7,372	<0,001***	0,253
R ² = 0.737					

$\bar{X}$ – aritmetička sredina, $S_{\bar{X}}$ – standardna greška aritmetičke sredine, Vk – koeficijent varijacije, df – stepeni slobode, F – F vrijednost, p – statistička značajnost, η^2_p – veličina efekta, R² – koeficijent determinacije.

Srednje vrijednosti obilježene različitim slovima se statistički značajno razlikuju na osnovu Tukijevog HSD testa ($p \leq 0,05$) (vidjeti Tabelu P1.3.2. u Prilogu 1).

Posmatrano po tipovima svjetlosti, eksplantati uzgajani u MS-0 tretmanu su stvorili nižu prosječnu suhu masu u odnosu na tretmane sa citokininima, a te razlike su bile visoko statistički značajne ($p < 0,001$) u većini slučajeva. Fluorescentno svjetlo i kombinacija crvenog i plavog LED svjetla su imali izraženo bolji učinak na stvaranje suve mase eksplantata u odnosu na ostala LED svjetla, a posebno u poređenju sa crvenim LED svjetlom (osim u tretmanu MB-3). Fluorescentno svjetlo je, takođe, imalo bolji uticaj na stvaranje suve mase u tretmanima MB-3, MT-1, MT-2 i MT3, u poređenju sa kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla.



Grafikon 6.25. Uticaj interakcije svjetlosti i biljnih regulatora rasta na prosječnu suhu masu eksplantata podubice (*Teucrium chamaedrys* L.). **F** – fluorescentno svjetlo, **CP** – crveno + plavo LED svjetlo [1:1], **C** – crveno LED svjetlo, **P** – plavo LED svjetlo. **MS-0** – 0,1 mg/L NAA; **MB-1** – 0,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-2** – 1,0 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-3** – 1,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MT-1** – 0,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-2** – 1,0 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-3** – 1,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA.

Povećanje koncentracije 6-BAP-a u podlozi rezultiralo je blagim povećanjem prosječne suve mase pod fluorescentnim svjetlom, kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla i pod plavim LED svjetlom. Kod eksplantata gajenih pod crvenim LED svjetlom, najviša prosječna vrijednost suve mase je zabilježena na podlozi sa 1,5 mg/L 6-BAP-a (MB-3), a ova vrijednost je bila visoko statistički značajno veća ($p < 0,001$) od tretmana MB-1 i MB-2.

U tretmanima sa mT-om, povećanje koncentracije pod fluorescentnim, kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla i plavim LED svjetlom, je izazvalo povećanje prosječne suve mase eksplantata. S druge strane, pod crvenim LED svjetlom, povećanje koncentracije mT-a iznad 1,0 mg/L (MT-2) je imalo negativan efekat na formiranje suve mase.

6-BAP je, u tretmanima biljnim regulatorima rasta, bio efikasniji od mT-a pod svim izvorima svjetlosti, dok je mT bio efikasniji jedino pod plavim LED svjetlom u tretmanu MT-3.

Broj novih izdanaka na eksplantatima

Podaci o uticaju različitih tipova svjetlosti i regulatora rasta na prosječni broj novih izdanaka na eksplantatima podubice prikazani su u Tabeli 6.21.

Tabela 6.21. Prosječan broj novih izdanaka na eksplantatima podubice (*Teucrium chamaedrys* L.) uzgajanim pod različitim izvorima svjetlosti i u MS podlozi sa različitim koncentracijama biljnih regulatora rasta, nakon 6 sedmica uzgoja, sa rezultatima dvofaktorijske analize varijanse. **MS-0** – 0,1 mg/L NAA; **MB-1** – 0,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-2** – 1,0 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-3** – 1,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MT-1** – 0,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-2** – 1,0 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-3** – 1,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA.

Izvor svjetlosti	Biljni regulatori rasta	Broj novih izdanaka			
		$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	Vk (%)		
Fluorescentno	MS-0	1,22 ± 0,06 ⁿ	8,33		
	MB-1	2,38 ± 0,08 ^{ghij}	5,84		
	MB-2	2,87 ± 0,04 ^{cde}	2,33		
	MB-3	2,96 ± 0,06 ^{bcd}	3,45		
	MT-1	2,02 ± 0,10 ^{ijkl}	8,3		
	MT-2	2,13 ± 0,04 ^{hijkl}	3,12		
MT-3	2,40 ± 0,10 ^{fghij}	7,35			
Crveno + plavo LED (1:1)	MS-0	1,71 ± 0,06 ^{lm}	5,95		
	MB-1	2,22 ± 0,10 ^{ghijk}	7,55		
	MB-2	3,09 ± 0,10 ^{bc}	5,43		
	MB-3	3,36 ± 0,08 ^{ab}	4,14		
	MT-1	2,29 ± 0,10 ^{ghijk}	7,33		
	MT-2	2,04 ± 0,08 ^{ijkl}	6,79		
MT-3	2,27 ± 0,08 ^{ghijk}	5,88			
Crveno LED	MS-0	1,56 ± 0,06 ^{mn}	6,55		
	MB-1	2,56 ± 0,06 ^{defgh}	3,98		
	MB-2	2,82 ± 0,06 ^{cdef}	3,61		
	MB-3	3,53 ± 0,17 ^a	8,51		
	MT-1	2,13 ± 0,10 ^{hijkl}	8,27		
	MT-2	2,47 ± 0,08 ^{efghi}	5,41		
MT-3	2,16 ± 0,06 ^{ghijk}	4,72			
Plavo LED	MS-0	1,22 ± 0,06 ⁿ	8,33		
	MB-1	1,87 ± 0,08 ^{klm}	7,14		
	MB-2	2,20 ± 0,04 ^{ghijk}	3,03		
	MB-3	2,58 ± 0,08 ^{defg}	5,38		
	MT-1	1,93 ± 0,04 ^{klm}	3,45		
	MT-2	2,07 ± 0,04 ^{ijkl}	3,23		
MT-3	2,11 ± 0,08 ^{ijkl}	6,57			
Analiza varijanse					
Izvor varijacije		df	F	p	η ² _p
Svjetlo		3	50,091	<0,001***	0,729
Biljni regulatori rasta		6	179,159	<0,001***	0,950
Svjetlo * Biljni regulatori rasta		18	6,477	<0,001***	0,676
R ² = 0,841					

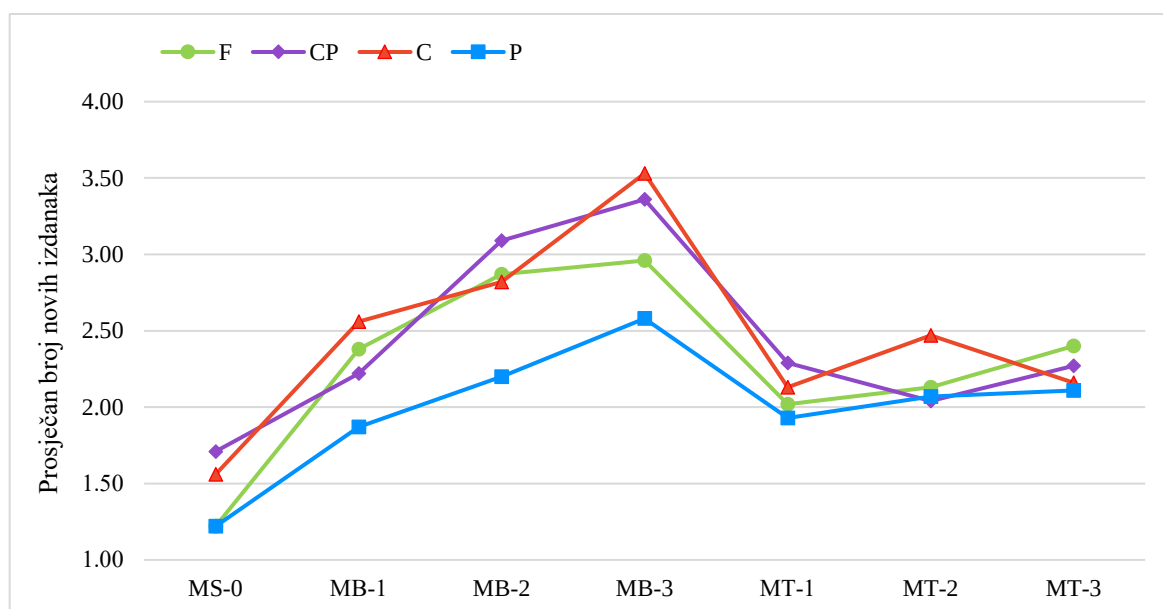
$\bar{X}$ – aritmetička sredina, $S_{\bar{x}}$ – standardna greška aritmetičke sredine, Vk – koeficijent varijacije, df – stepeni slobode, F – F vrijednost, p – statistička značajnost, η^2_p – veličina efekta, R² – koeficijent determinacije.

Srednje vrijednosti obilježene različitim slovima se statistički značajno razlikuju na osnovu Tukijevog HSD testa (p≤0,05) (vidjeti Tabelu P1.3.3. u Prilogu 1).

Najveći prosječan broj novih izdanaka je zabilježen kod eksplantata koji su uzgajani pod crvenim LED svjetlom u MS podlozi sa dodatkom 1,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA

(MB-3; $3,53 \pm 0,17$), dok je najniža prosječna vrijednost zabilježena pod fluorescentnim i plavim LED svjetlima u MS podlozi bez dodatnih citokinina (MS-0; $1,22 \pm 0,06$).

Dvofaktorijska analiza varijanse je pokazala statistički visoko značajan uticaj ($p < 0,001$), kako pojedinačnih faktora, tako i njihove međusobne interakcije na formiranje novih izdanaka kod eksplantata podubice. Statistički visoko značajan efekat interakcije ukazuje na zavisnost uticaja svjetlosti od primijenjenih regulatora rasta, pri čemu je zabilježen izrazito jak efekat interakcije ($\eta^2_p = 0,676$) na broj novih izdanaka. Takođe, visok koeficijent determinacije ($R^2 = 0,841$) pokazuje da model objašnjava 84,1% ukupne varijacije u ovom parametru. U nastavku je analiziran prosječan broj novih izdanaka kroz kombinacije primijenjenih tretmana (Grafikon 6.26.).



Grafikon 6.26. Uticaj interakcije svjetlosti i biljnih regulatora rasta na prosječan broj novih izdanaka na eksplantatima podubice (*Teucrium chamaedrys* L.). F – fluorescentno svjetlo, CP – crveno + plavo LED svjetlo [1:1], C – crveno LED svjetlo, P – plavo LED svjetlo. MS-0 – 0,1 mg/L NAA; MB-1 – 0,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; MB-2 – 1,0 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; MB-3 – 1,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; MT-1 – 0,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; MT-2 – 1,0 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; MT-3 – 1,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA.

Posmatrano po svim izvorima svjetlosti, eksplantati uzgajani na MS podlogama sa dodatkom citokinina razvili veći prosječan broj izdanaka u poređenju sa onima uzgajanim bez dodatka citokinina (MS-0), a ove razlike su, u većini slučajeva bile su statistički visoko značajne ($p < 0,001$).

Eksplantati gajeni pod crvenim LED svjetlom u tretmanima MB-1, MB-3 i MT-2 su razvili veći prosječan broj novih izdanaka u poređenju sa ostalim tipovima svjetlosti. S druge strane, eksplantati uzgajani pod kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla u tretmanima

MS-0, MB-2 i MT-1 takođe su pokazali povećan broj novih izdanaka, dok je u tretmanu MT-3 fluorescentno svjetlo imalo najbolji efekat na njihovo formiranje.

Povećanje koncentracije 6-BAP-a u podlozi je dovelo do povećanja broja novih izdanaka pod svim izvorima svjetlosti, pri čemu je najveći broj izdanaka formiran u tretmanu MB-3.

Kod tretmana sa mT-om, na eksplantatima uzgajanim pod fluorescentnim i plavim LED svjetlom, povećanje koncentracije ovog citokinina je dovelo do blagog povećanja prosječnog broja izdanaka. S druge strane, pod crvenim LED svjetlom najveći broj izdanaka je formiran u tretmanu MT-2, dok je kod kombinacije crvenog i plavog svjetla najbolji rezultat postignut u tretmanu MT-1.

Generalno posmatrano, 6-BAP je imao bolji efekat na formiranje novih izdanaka od mT-a pod svim tipovima svjetla i u većini tretmana biljnim regulatorima rasta. Takođe, pod fluorescentnim svjetlom i kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla tretmani MB-2 i MB-3 su bili statistički visoko značajno efikasniji ($p < 0,001$) od istih koncentracija mT-a.

Dužina izdanaka

Tabela 6.22. prikazuje efekte spektralnog sastava svjetlosti i koncentracija biljnih regulatora rasta na prosječnu dužinu izdanaka na eksplantatima ruzmarina.

Najduži izdanci formirani su na eksplantatima uzgajanim pod crvenim LED svjetlom u MS podlozi bez dodatih citokinina (MS-0; $52,12 \pm 0,86$ mm). Najkraći izdanci su razvijeni pod plavim LED svjetlom u MS podlozi sa dodatkom 1,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA (MB-3; $18,06 \pm 0,57$ mm).

Rezultati dvofaktorijalne analize varijanse su pokazali statistički visoko značajan uticaj ($p < 0,001$), kako pojedinačnih faktora, tako i njihove međusobne interakcije, na rast izdanaka. Model pokazuje jak efekat interakcije ($\eta^2_p = 0,252$), dok koeficijent determinacije ($R^2 = 0,773$) ukazuje na to da model objašnjava 77,3 % ukupne varijacije u dužini izdanaka. Radi detaljnijeg uvida u interakcijski efekat, grafički su prikazane prosječne vrijednosti dužine izdanaka za sve kombinacije tretmana (Grafikon 6.27.).

Tabela 6.22. Prosječna dužina izdanaka na eksplantatima podubice (*Teucrium chamaedrys* L.) uzgajanim pod različitim izvorima svjetlosti i u MS podlozi sa različitim koncentracijama biljnih regulatora rasta, nakon 6 sedmica uzgoja, sa rezultatima dvofaktorijalne analize varijanse. **MS-0** – 0,1 mg/L NAA; **MB-1** – 0,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-2** – 1,0 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-3** – 1,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MT-1** – 0,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-2** – 1,0 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-3** – 1,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA.

Izvor svjetlosti	Biljni regulatori rasta	Dužina izdanaka (mm)			
		$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	Vk (%)		
Fluorescentno	MS-0	40,63 ± 0,82 ^{bc}	13,60		
	MB-1	30,79 ± 0,69 ^{ef}	15,11		
	MB-2	27,18 ± 0,67 ^{fghi}	16,61		
	MB-3	25,06 ± 0,61 ^{hij}	16,23		
	MT-1	24,06 ± 0,54 ^{ijk}	15,15		
	MT-2	22,16 ± 0,55 ^{kl}	16,52		
	MT-3	21,06 ± 0,61 ^{klm}	19,54		
Crveno + plavo LED (1:1)	MS-0	36,59 ± 0,81 ^d	14,89		
	MB-1	28,44 ± 0,59 ^{efgh}	13,88		
	MB-2	21,88 ± 0,70 ^{kl}	21,42		
	MB-3	19,17 ± 0,65 ^{lm}	22,68		
	MT-1	23,76 ± 0,78 ^{ijk}	22,07		
	MT-2	26,90 ± 0,63 ^{ghi}	15,59		
	MT-3	25,18 ± 0,73 ^{hij}	19,48		
Crveno LED	MS-0	52,12 ± 0,86 ^a	11,12		
	MB-1	41,06 ± 0,92 ^{bc}	15,05		
	MB-2	29,93 ± 0,87 ^{efg}	19,52		
	MB-3	26,16 ± 0,82 ^{ghi}	20,69		
	MT-1	43,62 ± 0,85 ^b	13,00		
	MT-2	40,41 ± 0,79 ^{bc}	13,06		
	MT-3	38,52 ± 0,89 ^{cd}	15,47		
Plavo LED	MS-0	32,06 ± 0,84 ^e	17,68		
	MB-1	20,34 ± 0,53 ^{klm}	17,43		
	MB-2	18,58 ± 0,55 ^{lm}	19,99		
	MB-3	18,06 ± 0,57 ^m	21,27		
	MT-1	18,62 ± 0,56 ^{lm}	20,28		
	MT-2	20,83 ± 0,87 ^{klm}	28,17		
	MT-3	19,05 ± 0,59 ^{lm}	20,62		
Analiza varijanse					
Izvor varijacije		df	F	p	η ² _p
Svjetlo		3	758,110	<0,001***	0,649
Biljni regulatori rasta		6	267,080	<0,001***	0,566
Svjetlo * Biljni regulatori rasta		18	23,073	<0,001***	0,252
R ² = 0,773					

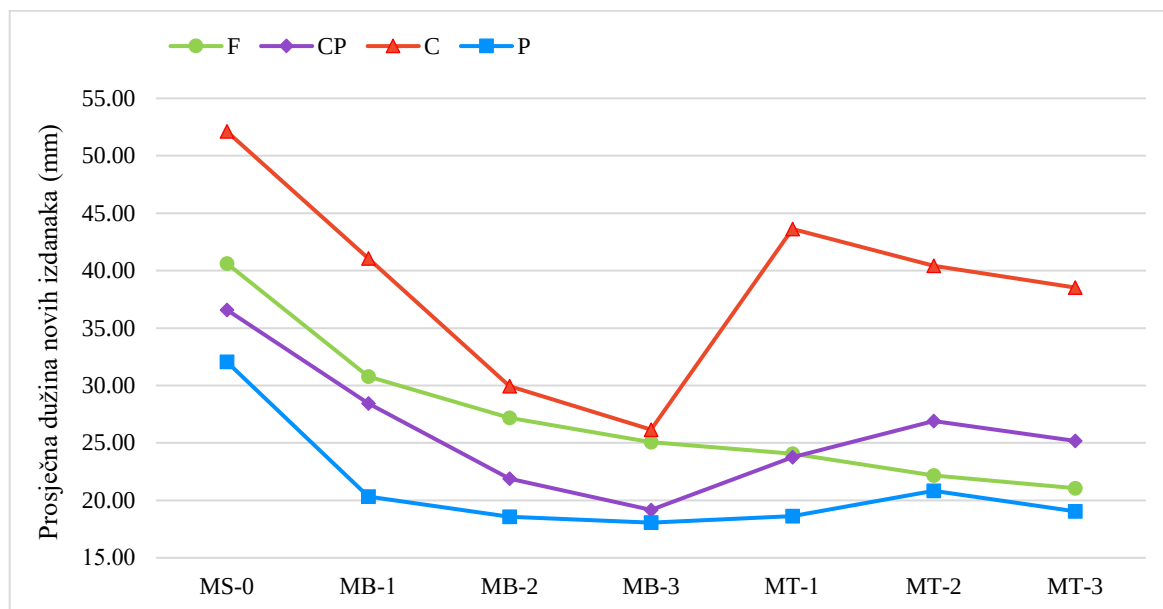
$\bar{X}$ – aritmetička sredina, $S_{\bar{x}}$ – standardna greška aritmetičke sredine, Vk – koeficijent varijacije, df – stepeni slobode, F – F vrijednost, p – statistička značajnost, η^2_p – veličina efekta, R² – koeficijent determinacije.

Srednje vrijednosti obilježene različitim slovima se statistički značajno razlikuju na osnovu Tukijevog HSD testa (p≤0,05) (vidjeti Tabelu P1.3.4. u Prilogu 1).

Pod svim izvorima svjetla, eksplantati ružmarina uzgajani na MS podlozi bez dodatnih citokinina (MS-0) su formirali duže izdanke u odnosu na ostale tretmane, a ove razlike su bile statistički visoko značajne (p<0,001). U poređenju sa svim ostalim izvorima svjetlosti, crveno LED svjetlo pokazalo je najizraženiji efekat na izduživanje eksplantata u svim tretmanima s biljnim regulatorima rasta.

Povećanje koncentracije 6-BAP-a u podlozi je dovelo do smanjenja prosječne dužine izdanaka pod svim tipovima svjetla, s tim da je smanjenje bilo blaže pod fluorescentnim i

plavim LED svjetlom. Sličan trend je vidljiv i kod tretmana sa mT-om na eksplantatima uzgajanim pod fluorescentnim i crvenim LED svjetlom. Nasuprot tome, pod plavim LED svjetlom i kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla najveći prosječan broj izdanaka je formiran u tretmanu MT-2.



Grafikon 6.27. Uticaj interakcije svjetlosti i biljnih regulatora rasta na prosječnu dužinu izdanaka na eksplantatima podubice (*Teucrium chamaedrys* L.). **F** – fluorescentno svjetlo, **CP** – crveno + plavo LED svjetlo [1:1], **C** – crveno LED svjetlo, **P** – plavo LED svjetlo. **MS-0** – 0,1 mg/L NAA; **MB-1** – 0,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-2** – 1,0 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-3** – 1,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MT-1** – 0,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-2** – 1,0 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-3** – 1,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA.

Generalno posmatrano, 6-BAP je imao izraženiji efekat na izduživanje izdanaka u poređenju s mT-om pod fluorescentnim svjetlom, uz statistički visoko značajne razlike ($p < 0,001$) pri koncentracijama od 0,5 mg/L i 1,0 mg/L (MB-1 i MB-2), te statistički značajnu razliku ($p < 0,05$) pri koncentraciji od 1,5 mg/L (MB-3). Nasuprot tome, mT je bio statistički visoko značajno efikasniji ($p < 0,001$) od 6-BAP-a pod crvenim LED svjetlom pri svim nivoima tretmana, dok je pod kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla ovaj trend bio izražen u tretmanima MT-2 i MT-3. Pod plavim LED svjetlom, efekti oba citokinina su bili varijabilni i zavisili su od primijenjene koncentracije.

Broj nodusa na izdancima

Podaci o uticaju svjetla i biljnih regulatora rasta na prosječan broj nodusa na izdancima eksplantata podubice su navedeni u Tabeli 6.23.

Tabela 6.23. Prosječan broj nodusa na izdancima eksplantata podubice (*Teucrium chamaedrys* L.) uzgajanim pod različitim izvorima svjetlosti i u MS podlozi sa različitim koncentracijama biljnih regulatora rasta, nakon 6 sedmica uzgoja sa rezultatima dvofaktorijalne analize varijanse. **MS-0** – 0,1 mg/L NAA; **MB-1** – 0,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-2** – 1,0 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-3** – 1,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MT-1** – 0,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-2** – 1,0 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-3** – 1,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA.

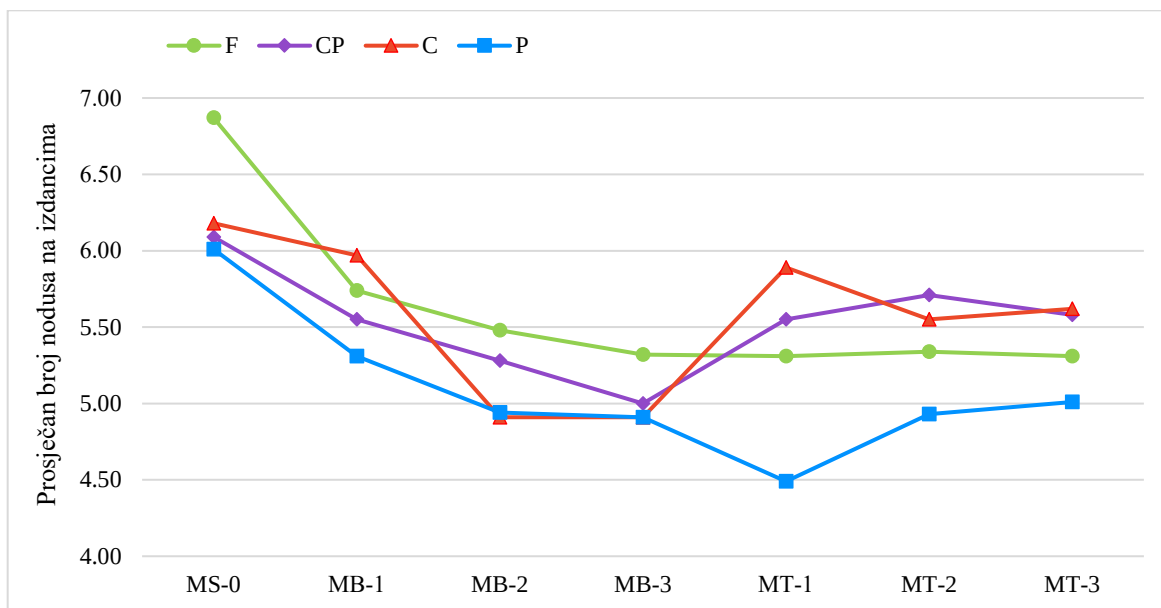
Izvor svjetlosti	Biljni regulatori rasta	Broj nodusa			
		$\bar{X} \pm S_{\bar{X}}$	Vk (%)		
Fluorescentno	MS-0	6,87 ± 0,11 ^a	4,71		
	MB-1	5,74 ± 0,13 ^{bcd}	6,92		
	MB-2	5,48 ± 0,16 ^{bcd} ef	8,93		
	MB-3	5,32 ± 0,12 ^{cdef}	6,96		
	MT-1	5,31 ± 0,15 ^{cdef}	8,7		
	MT-2	5,34 ± 0,11 ^{cdef}	6,14		
	MT-3	5,31 ± 0,15 ^{cdef}	8,7		
Crveno + plavo LED (1:1)	MS-0	6,09 ± 0,14 ^b	7,01		
	MB-1	5,55 ± 0,10 ^{bcd} ef	5,5		
	MB-2	5,28 ± 0,14 ^{def}	7,94		
	MB-3	5,00 ± 0,12 ^{efg}	7,27		
	MT-1	5,55 ± 0,12 ^{bcd} ef	6,39		
	MT-2	5,71 ± 0,14 ^{bcd} e	7,43		
	MT-3	5,58 ± 0,13 ^{bcd} ef	6,73		
Crveno LED	MS-0	6,18 ± 0,17 ^{ab}	8,15		
	MB-1	5,97 ± 0,17 ^{bcd}	8,66		
	MB-2	4,91 ± 0,10 ^{fg}	6,11		
	MB-3	4,91 ± 0,17 ^{fg}	10,7		
	MT-1	5,89 ± 0,10 ^{bcd}	5,14		
	MT-2	5,55 ± 0,11 ^{bcd} ef	5,85		
	MT-3	5,62 ± 0,10 ^{bcd} ef	5,44		
Plavo LED	MS-0	6,01 ± 0,12 ^{bc}	6,18		
	MB-1	5,31 ± 0,17 ^{cdef}	9,85		
	MB-2	4,94 ± 0,16 ^{fg}	9,66		
	MB-3	4,91 ± 0,11 ^{fg}	6,96		
	MT-1	4,49 ± 0,10 ^g	6,5		
	MT-2	4,94 ± 0,14 ^{fg}	8,54		
	MT-3	5,01 ± 0,17 ^{efg}	10,19		
Analiza varijanse					
Izvor varijacije		df	F	p	η ² _p
Svjetlo		3	23,540	<0,001***	0,240
Biljni regulatori rasta		6	37,084	<0,001***	0,498
Svjetlo * Biljni regulatori rasta		18	4,164	<0,001***	0,251
R ² = 0,576					

$\bar{X}$ – aritmetička sredina, $S_{\bar{x}}$ – standardna greška aritmetičke sredine, Vk – koeficijent varijacije, df – stepeni slobode, F – F vrijednost, p – statistička značajnost, η^2_p – veličina efekta, R² – koeficijent determinacije.

Srednje vrijednosti obilježene različitim slovima se statistički značajno razlikuju na osnovu Tukijevog HSD testa (p≤0,05) (vidjeti Tabelu P1.3.5. u Prilogu 1).

Najveći prosječan broj nodusa zabilježen je kod eksplantata uzgajanih pod fluorescentnim svjetlom u MS podlozi bez dodanih citokinina (MS-0; 6,87 $\pm$ 0,11). Najniži prosječan broj nodusa utvrđen je kod eksplantata uzgajanih pod plavim LED svjetlom u MS podlozi sa dodatkom 0,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA (MT-1; 4,49 $\pm$ 0,10).

Dvofaktorijalna analiza varijanse je pokazala statistički visoko značajan uticaj ($p < 0,001$), kako spektralnog sastava svjetlosti i biljnih regulatora rasta, tako i njihove međusobne interakcije, na formiranje nodusa na izdancima. Model pokazuje jak efekat interakcije ($\eta^2_p = 0,251$), dok koeficijent determinacije ($R^2 = 0,576$) pokazuje da model objašnjava 57,6 % ukupne varijacije u broju nodusa. Međusobni uticaj svjetlosti i regulatora rasta je dodatno sagledan kroz analizu prosječnog broja nodusa u interakcijama pojedinačnih faktora (Grafikon 6.28.).



Grafikon 6.28. Uticaj interakcije svjetlosti i biljnih regulatora rasta na prosječan broj nodusa na izdancima eksplantata podubice (*Teucrium chamaedrys* L.). **F** – fluorescentno svjetlo, **CP** – crveno + plavo LED svjetlo [1:1], **C** – crveno LED svjetlo, **P** – plavo LED svjetlo. **MS-0** – 0,1 mg/L NAA; **MB-1** – 0,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-2** – 1,0 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-3** – 1,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MT-1** – 0,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-2** – 1,0 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-3** – 1,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA.

Posmatrano po tipovima svjetlosti, eksplantati uzgajani na MS podlozi bez dodatnih citokina (MS-0) su razvili viši prosječan broj nodusa u poređenju sa tretmanima koji su sadržavali citokine. Ove razlike su bile naročito izražene ($p < 0,001$) kod eksplantata uzgajanih pod fluorescentnim i plavim LED svjetlom.

Fluorescentno svjetlo je pokazalo bolji učinak na formiranje nodusa u poređenju sa ostalim tipovima svjetlosti u tretmanima MS-0, MB-2 i MB-3. S druge strane, crveno LED svjetlo je bilo efikasnije u tretmanima MB-1, MT-1 i MT-3, dok je kombinacija crvenog i plavog LED svjetla pokazala najbolji efekat u tretmanu MT-2.

Povećanje koncentracije 6-BAP-a u podlozi je izazvalo smanjenje broja nodusa na izdancima pod svim izvorima svjetlosti. Slično tome, kod tretmana sa mT-om, porast koncentracije je rezultirao smanjenjem broja nodusa pod crvenim LED svjetlom, dok je pod

plavim LED svjetlom dovelo do njegovog povećanja. Nasuprot tome, pod fluorescentnim svjetlom i kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla najbolji učinak je zabilježen pri koncentraciji od 1,0 mg/L mT-a (MT-2).

6-BAP je imao izraženiji efekat na broj nodusa u poređenju sa mT-om pod fluorescentnim i plavim LED svjetlom. S druge strane, mT je pokazao jači efekat pod kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla, kao i pod crvenim LED svjetlom, posebno pri višim koncentracijama ovog citokinina (MT-2 i MT-3).

6.3.2. Faza *in vitro* ukorjenjavanja

Procenat in vitro ukorjenjavanja

Uticaj svjetlosnog spektra i biljnih regulatora rasta na procenat *in vitro* ukorjenjavanja eksplantata podubice prikazan je u Tabeli 6.24.

Najveći procenat *in vitro* ukorjenjavanja je zabilježen kod eksplantata uzgajanih pod fluorescentnim svjetlom na MS podlozi sa dodatkom 0,1 mg/L 6-BAP + 1,0 mg/L IBA (MKM-3; $80,00 \pm 3,85$ %), dok je najniži procenat ukorjenjavanja ($37,78 \pm 5,88$ %) utvrđen kod eksplantata tretiranih sa 0,1 mg/L 6-BAP + 1,0 mg/L IBA (MKB-3) pod kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla.

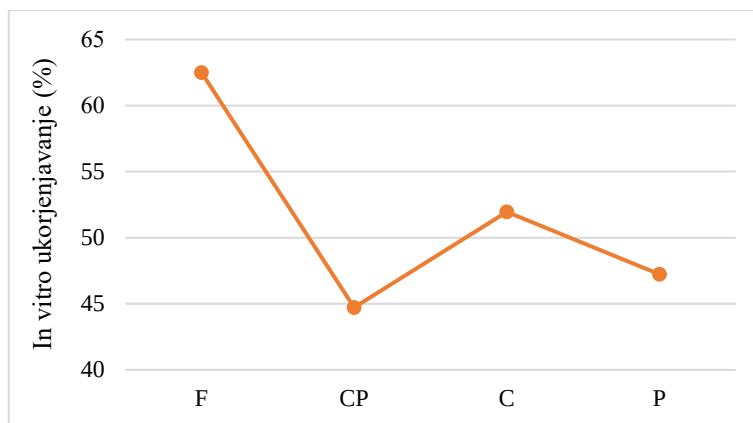
Dvofaktorijska analiza varijanse je pokazala statistički visoko značajan uticaj izvora svjetlosti ($p < 0,001$) i biljnih regulatora rasta ($p < 0,001$) na procenat ukorjenjavanja eksplantata podubice, dok njihov međusobni efekat nije bio statistički značajan ($p = 0,256$). Model pokazuje veoma snažan efekat, kako izvora svjetlosti ($\eta^2 p = 0,449$), tako i biljnih regulatora rasta ($\eta^2 p = 0,454$) na procenat *in vitro* ukorjenjavanja. Vrijednost koeficijenta determinacije ($R^2 = 0,514$) pokazuje da model objašnjava 51,4 % ukupne varijacije u ovom parametru. Efekti pojedinačnih faktora dodatno su sagledani kroz analizu procenta *in vitro* ukorjenjavanja na nivou svakog faktora zasebno (Grafikoni 6.29. i 6.30.).

Tabela 6.24. Procenat *in vitro* ukorjenjavanja eksplantata podubice (*Teucrium chamaedrys* L.) uzgajanih pod različitim izvorima svjetlosti i u MS podlozi sa različitim koncentracijama biljnih regulatora rasta, nakon 6 sedmica uzgoja sa rezultatima dvofaktorijalne analize varijanse. **MKB-0** – 0,1 mg/L 6-BAP; **MKB-1** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,5 mg/L IBA; **MKB-2** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,75 mg/L IBA; **MKB-3** – 0,1 mg/L 6-BAP + 1,0 mg/L IBA; **MKM-0** – 0,1 mg/L mT; **MKM-1** – 0,1 mg/L mT + 0,5 mg/L IBA; **MKM-2** – 0,1 mg/L mT + 0,75 mg/L IBA; **MKM-3** – 0,1 mg/L mT + 1,0 mg/L IBA.

Izvor svjetlosti	Biljni regulatori rasta	In vitro ukorjenjavanje (%)			
		$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	Vk (%)		
Fluorescentno	MKB-0	44,44 ± 5,88 ^{Abc}	22,91		
	MKB-1	51,11 ± 5,88 ^{Ac}	19,92		
	MKB-2	53,33 ± 3,85 ^{Ac}	12,50		
	MKB-3	55,56 ± 5,88 ^{Ac}	18,33		
	MKM-0	68,89 ± 5,88 ^{Abc}	14,78		
	MKM-1	71,11 ± 5,88 ^{Aabc}	14,32		
	MKM-2	75,56 ± 5,88 ^{Aab}	13,48		
Crveno + plavo LED (1:1)	MKB-0	48,89 ± 5,88 ^{Cbc}	20,83		
	MKB-1	42,22 ± 5,88 ^{Cc}	24,12		
	MKB-2	40,00 ± 3,85 ^{Cc}	16,67		
	MKB-3	37,78 ± 5,88 ^{Cc}	26,96		
	MKM-0	40,00 ± 3,85 ^{Cbc}	16,67		
	MKM-1	42,22 ± 5,88 ^{Cabc}	24,12		
	MKM-2	51,11 ± 5,88 ^{Cab}	19,92		
Crveno LED	MKB-0	51,11 ± 5,88 ^{Bbc}	19,92		
	MKB-1	46,67 ± 3,85 ^{Bc}	14,29		
	MKB-2	44,44 ± 5,88 ^{Bc}	22,91		
	MKB-3	40,00 ± 3,85 ^{Bc}	16,67		
	MKM-0	51,11 ± 5,88 ^{Bbc}	19,92		
	MKM-1	55,56 ± 5,88 ^{Babc}	18,33		
	MKM-2	60,00 ± 3,85 ^{Bab}	11,11		
Plavo LED	MKB-0	51,11 ± 5,88 ^{BCbc}	19,92		
	MKB-1	48,89 ± 5,88 ^{BCc}	20,83		
	MKB-2	44,44 ± 5,88 ^{BCc}	22,91		
	MKB-3	40,00 ± 3,85 ^{BCc}	16,67		
	MKM-0	40,00 ± 3,85 ^{BCbc}	16,67		
	MKM-1	44,44 ± 5,88 ^{BCabc}	22,91		
	MKM-2	51,11 ± 5,88 ^{BCab}	19,92		
	MKM-3	57,78 ± 5,88 ^{BCa}	17,63		
Analiza varijanse					
Izvor varijacije		df	F	p	η ² _p
Svjetlo		3	17,410	<0,001***	0,449
Biljni regulatori rasta		7	7,608	<0,001***	0,454
Svjetlo * Biljni regulatori rasta		21	1,233	0,256	0,288
R ² = 0,514					

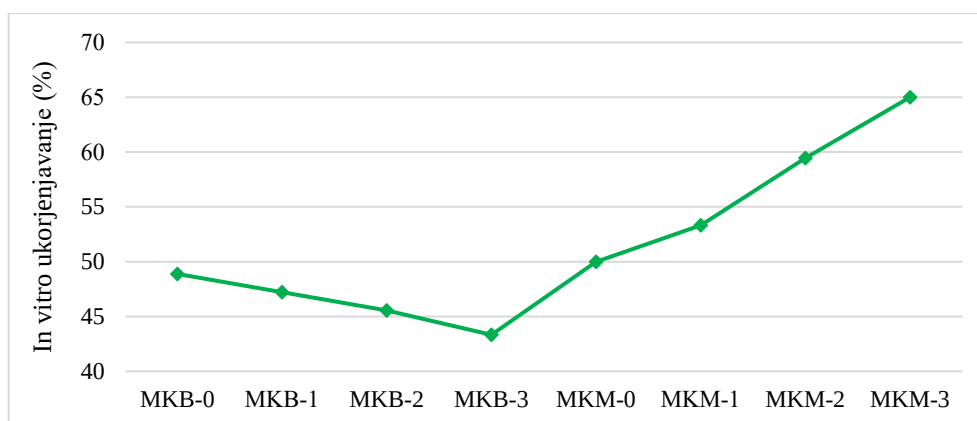
$\bar{X}$ – aritmetička sredina, $S_{\bar{x}}$ – standardna greška aritmetičke sredine, Vk – koeficijent varijacije, df – stepeni slobode, F – F vrijednost, p – statistička značajnost, η^2_p – veličina efekta, R² – koeficijent determinacije.

Srednje vrijednosti obilježene različitim slovima se statistički značajno razlikuju na osnovu Tukijevog HSD testa (p≤0,05). Pošto interakcija između faktora nije bila statistički značajna, efekti glavnih faktora su analizirani odvojeno, pri čemu su izvori svjetlosti označeni velikim slovima (A, B, C), a tretmani biljnim regulatorima rasta malim slovima (a, b, c) (vidjeti Tabelu P1.3.6. i Tabelu P1.3.7. u Prilogu 1).



Grafikon 6.29. Uticaj svjetlosti na procenat *in vitro* ukorjenjavanja eksplantata podubice (*Teucrium chamaedrys* L.). F – fluorescentno svjetlo, CP – crveno + plavo LED svjetlo [1:1], C – crveno LED svjetlo, P – plavo LED svjetlo.

Fluorescentno svjetlo je imalo statistički visoko značajan efekat na povećanje procenta *in vitro* ukorjenjavanja ($p < 0,01$) u poređenju sa ostalim izvorima svjetlosti, dok je najniži procenat ukorjenjavanja zabilježen pod kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla.



Grafikon 6.30. Uticaj biljnih regulatora rasta na procenat *in vitro* ukorjenjavanja eksplantata podubice (*Teucrium chamaedrys* L.). **MKB-0** – 0,1 mg/L 6-BAP; **MKB-1** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,5 mg/L IBA; **MKB-2** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,75 mg/L IBA; **MKB-3** – 0,1 mg/L 6-BAP + 1,0 mg/L IBA; **MKM-0** – 0,1 mg/L mT; **MKM-1** – 0,1 mg/L mT + 0,5 mg/L IBA; **MKM-2** – 0,1 mg/L mT + 0,75 mg/L IBA; **MKM-3** – 0,1 mg/L mT + 1,0 mg/L IBA.

Dok je povećanje koncentracije IBA-e u MS podlozi s dodatkom 6-BAP-a dovelo do blagog smanjenja procenta *in vitro* ukorjenjavanja, u podlogama s mT-om uočen je suprotan trend, pri čemu je tretman MKM-3 dao najpovoljnije rezultate. Uopšteno posmatrano, tretmani s mT-om pokazali su bolje rezultate u odnosu na one sa 6-BAP-om, uz statistički značajne razlike ($p < 0,05$) pri koncentraciji IBA-e od 0,3 mg/L, te visoko značajne razlike ($p < 0,001$) pri koncentraciji od 0,5 mg/L.

Broj korjenova

U Tabeli 6.25. su predstavljeni rezultati analize uticaja spektra svjetlosti i biljnih regulatora rasta na prosječan broj korjenova na ukorijenjenim eksplantatima podubice.

Tabela 6.25. Prosječan broj korjenova na ukorijenjenim eksplantatima podubice (*Teucrium chamaedrys* L.) uzgajanim pod različitim izvorima svjetlosti i u MS podlozi sa različitim koncentracijama biljnih regulatora rasta, nakon 6 sedmica uzgoja sa rezultatima dvofaktorijalne analize varijanse. **MKB-0** – 0,1 mg/L 6-BAP; **MKB-1** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,5 mg/L IBA; **MKB-2** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,75 mg/L IBA; **MKB-3** – 0,1 mg/L 6-BAP + 1,0 mg/L IBA; **MKM-0** – 0,1 mg/L mT; **MKM-1** – 0,1 mg/L mT + 0,5 mg/L IBA; **MKM-2** – 0,1 mg/L mT + 0,75 mg/L IBA; **MKM-3** – 0,1 mg/L mT + 1,0 mg/L IBA.

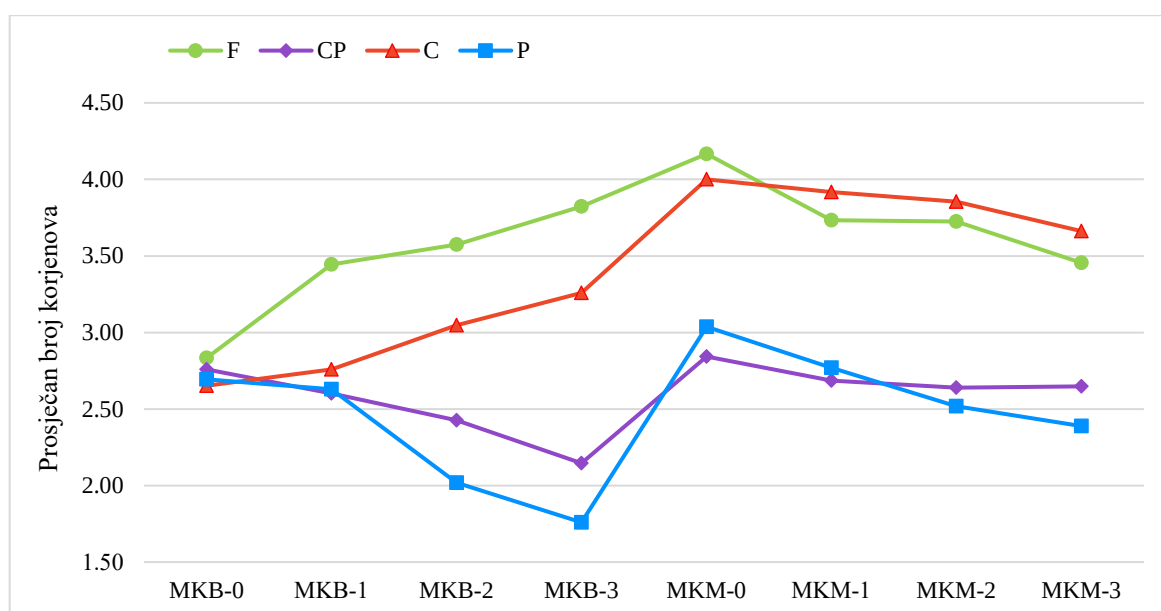
Izvor svjetlosti	Biljni regulatori rasta	Broj korjenova			
		$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	Vk (%)		
Fluorescentno	MKB-0	2,83 ± 0,23 ^{defg}	24,07		
	MKB-1	3,44 ± 0,23 ^{bcd}	20,39		
	MKB-2	3,57 ± 0,29 ^{bcd}	24,02		
	MKB-3	3,82 ± 0,32 ^{abc}	25,14		
	MKM-0	4,17 ± 0,30 ^a	21,66		
	MKM-1	3,73 ± 0,27 ^{bc}	21,77		
	MKM-2	3,72 ± 0,21 ^{bc}	17,15		
Crveno + plavo LED (1:1)	MKB-0	2,76 ± 0,22 ^{defgh}	23,61		
	MKB-1	2,60 ± 0,28 ^{efg}	32,58		
	MKB-2	2,43 ± 0,23 ^{fgh}	28,97		
	MKB-3	2,15 ± 0,27 ^{hi}	35,33		
	MKM-0	2,84 ± 0,26 ^{defg}	26,97		
	MKM-1	2,69 ± 0,19 ^{efg}	20,69		
	MKM-2	2,64 ± 0,25 ^{efg}	28,86		
Crveno LED	MKB-0	2,65 ± 0,25 ^{efg}	28,57		
	MKB-0	2,65 ± 0,24 ^{efg}	27,05		
	MKB-1	2,76 ± 0,29 ^{defg}	31,40		
	MKB-2	3,05 ± 0,26 ^{cdef}	25,92		
	MKB-3	3,26 ± 0,30 ^{cde}	28,02		
	MKM-0	4,00 ± 0,31 ^{ab}	23,11		
	MKM-1	3,92 ± 0,21 ^{ab}	15,78		
Plavo LED	MKM-2	3,86 ± 0,23 ^{abc}	17,94		
	MKM-3	3,66 ± 0,25 ^{bc}	20,13		
	MKB-0	2,69 ± 0,20 ^{efg}	22,62		
	MKB-1	2,63 ± 0,26 ^{efg}	29,86		
	MKB-2	2,02 ± 0,21 ^{hi}	31,56		
	MKB-3	1,76 ± 0,18 ⁱ	31,46		
	MKM-0	3,04 ± 0,24 ^{cdef}	23,57		
Analiza varijanse	MKM-1	2,77 ± 0,19 ^{defg}	20,29		
	MKM-2	2,52 ± 0,26 ^{fgh}	30,54		
	MKM-3	2,39 ± 0,24 ^{ghi}	29,65		
	Analiza varijanse				
	Izvor varijacije	df	F	p	η ² _p
	Svjetlo	3	40,718	<0,001***	0,324
	Biljni regulatori rasta	7	5,345	<0,001***	0,128
Svjetlo * Biljni regulatori rasta	21	1,745	<0,05*	0,126	
R ² = 0,434					

$\bar{X}$ – aritmetička sredina, $S_{\bar{X}}$ – standardna greška aritmetičke sredine, Vk – koeficijent varijacije, df – stepeni slobode, F – F vrijednost, p – statistička značajnost, η^2_p – veličina efekta, R^2 – koeficijent determinacije.

Srednje vrijednosti obilježene različitim slovima se statistički značajno razlikuju na osnovu Tukijevog HSD testa ($p \leq 0,05$) (vidjeti Tabelu P1.3.8. u Prilogu 1).

Najveći prosječan broj korjenova je zabilježen kod eksplantata koji su uzgajani pod fluorescentnim svjetlom u MS podlozi sa dodatkom 0,1 mg/L mT-a i bez auksina (MKM-0; $4,17 \pm 0,30$), dok je najniža prosječna vrijednost zabilježena pod plavim LED svjetlom u MS podlozi sa 0,1 mg/L 6-BAP + 1,0 mg/L IBA (MKB-3; $1,76 \pm 0,18$).

Rezultati dvofaktorijske analize varijanse su pokazali statistički visoko značajan uticaj ($p < 0,001$), kako izvora svjetlosti, tako i biljnih regulatora rasta, kao i statistički značajan uticaj ($p < 0,05$) njihove međusobne interakcije na prosječan broj korjenova na ukorijenjenim eksplantatima. Model pokazuje srednje jak efekat interakcije ($\eta^2_p = 0,126$), dok koeficijent determinacije ($R^2 = 0,434$) ukazuje na to da model objašnjava 43,4 % ukupne varijacije u prosječnom broju korjenova. Radi detaljnijeg uvida u interakcijski efekat, prikazane su prosječne vrijednosti broja korjenova za sve kombinacije tretmana (Grafikon 6.31.).



Grafikon 6.31. Uticaj interakcije svjetlosti i biljnih regulatora rasta na prosječan broj korjenova na ukorijenjenim eksplantatima podubice (*Teucrium chamaedrys* L.). F – fluorescentno svjetlo, CP – crveno + plavo LED svjetlo [1:1], C – crveno LED svjetlo, P – plavo LED svjetlo. MKB-0 – 0,1 mg/L 6-BAP; MKB-1 – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,5 mg/L IBA; MKB-2 – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,75 mg/L IBA; MKB-3 – 0,1 mg/L 6-BAP + 1,0 mg/L IBA; MKM-0 – 0,1 mg/L mT; MKM-1 – 0,1 mg/L mT + 0,5 mg/L IBA; MKM-2 – 0,1 mg/L mT + 0,75 mg/L IBA; MKM-3 – 0,1 mg/L mT + 1,0 mg/L IBA.

Fluorescentno svjetlo pokazalo je dominantan efekat na broj korjenova kod eksplantata uzgajanih na MS podlozi sa dodatkom 6-BAP-a, kao i u tretmanu MKM-0. Nasuprot tome, u ostalim tretmanima s mT-om, crveno LED svjetlo imalo je najizraženiji efekat.

Eksplantati ukorijenjeni pod plavim LED svjetlom i kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla, u tretmanima bez auksina sa oba tipa citokinina (MKB-0 i MKM-0), razvili su veći prosječan broj korjenova u odnosu na tretmane sa IBA-om. Sličan trend uočen je i pod fluorescentnim i crvenim LED svjetlom u tretmanima sa mT-om. S druge strane, u tretmanima

sa 6-BAP-om pod fluorescentnim i crvenim LED svjetlom, dodatak IBA-e i povećanje njene koncentracije su pozitivno uticali na razvoj većeg broja korjenova na eksplantatima.

Generalno posmatrano, mT je bio efikasniji od 6-BAP-a pri svim ispitivanim koncentracijama biljnih regulatora rasta i pod svim izvorima svjetlosti.

Dužina korijena

Podaci o uticaju različitih tipova svjetlosti i regulatora rasta na prosječnu dužinu korijena eksplantata podubice prikazani su u Tabeli 6.26.

Najveću prosječnu dužinu korijena su imali eksplantati ukorijenjeni pod plavim LED svjetlom u MS podlozi sa dodatkom 0,1 mg/L 6-BAP + 1,0 mg/L IBA (MKB-3; $108,12 \pm 2,51$ mm). S druge strane, najkraći korjenov sistem su razvili eksplantati ukorijenjeni pod crvenim LED svjetlom u MS podlozi sa dodatkom 0,1 mg/L mT + 1,0 mg/L IBA (MKM-3; $58,44 \pm 2,64$ mm).

Dvofaktorijska analiza varijanse je pokazala statistički visoko značajan uticaj ($p < 0,001$) spektralnog sastava svjetlosti i biljnih regulatora rasta, kao i njihove međusobne interakcije. Model pokazuje jak efekat interakcije ($\eta^2p = 0,443$), dok koeficijent determinacije ($R^2 = 0,724$) ukazuje na to da model objašnjava 72,4% ukupne varijacije u prosječnoj dužini korijena. Da bi se bolje razumio međusobni uticaj faktora, prosječna dužina korijena eksplantata je analizirana u interakcijama svjetla i biljnih regulatora rasta (Grafikon 6.32.).

Tabela 6.26. Prosječna dužina korijena na ukorijenjenim eksplantatima podubice (*Teucrium chamaedrys* L.) uzgajanim pod različitim izvorima svjetlosti i u MS podlozi sa različitim koncentracijama biljnih regulatora rasta, nakon 6 sedmica uzgoja sa rezultatima dvofaktorijske analize varijanse. **MKB-0** – 0,1 mg/L 6-BAP; **MKB-1** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,5 mg/L IBA; **MKB-2** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,75 mg/L IBA; **MKB-3** – 0,1 mg/L 6-BAP + 1,0 mg/L IBA; **MKM-0** – 0,1 mg/L mT; **MKM-1** – 0,1 mg/L mT + 0,5 mg/L IBA; **MKM-2** – 0,1 mg/L mT + 0,75 mg/L IBA; **MKM-3** – 0,1 mg/L mT + 1,0 mg/L IBA.

Izvor svjetlosti	Biljni regulatori rasta	Dužina korijena (mm)			
		$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	Vk (%)		
Fluorescentno	MKB-0	77,19 ± 1,84 ^{cdefghi}	7,15		
	MKB-1	73,92 ± 2,16 ^{efghijk}	8,78		
	MKB-2	71,85 ± 1,92 ^{ghijkl}	8,02		
	MKB-3	70,77 ± 2,25 ^{hijklm}	9,53		
	MKM-0	63,60 ± 2,15 ^{klmn}	10,13		
	MKM-1	64,99 ± 1,75 ^{jklmn}	8,09		
	MKM-2	66,35 ± 1,75 ^{ijklmn}	7,93		
	MKM-3	69,53 ± 1,81 ^{ijklmn}	7,8		
	MKB-0	75,62 ± 2,00 ^{defghij}	7,92		
	MKB-1	73,30 ± 2,62 ^{fghijkl}	10,74		
	MKB-2	70,36 ± 2,69 ^{ijklm}	11,49		
	MKB-3	66,31 ± 1,67 ^{jklmn}	7,12		
	MKM-0	71,88 ± 2,40 ^{ghijkl}	10,02		
	MKM-1	67,16 ± 1,50 ^{ijklmn}	6,68		
Crveno + plavo LED (1:1)	MKM-2	66,81 ± 2,11 ^{ijklmn}	9,48		
	MKM-3	59,52 ± 2,65 ^{mn}	13,35		
	MKB-0	90,57 ± 2,38 ^b	7,89		
	MKB-1	86,52 ± 2,51 ^{bcd}	8,71		
	MKB-2	84,31 ± 1,70 ^{bcedef}	6,04		
	MKB-3	82,58 ± 2,10 ^{bcedefgh}	7,64		
	MKM-0	69,86 ± 2,70 ^{ijklmn}	11,61		
Crveno LED	MKM-1	65,27 ± 2,23 ^{ijklmn}	10,24		
	MKM-2	61,85 ± 2,12 ^{lmn}	10,29		
	MKM-3	58,44 ± 2,64 ⁿ	13,55		
	MKB-0	83,70 ± 2,66 ^{bcedefg}	9,52		
	MKB-1	85,68 ± 2,36 ^{bcede}	8,26		
	MKB-2	92,16 ± 1,65 ^b	5,36		
	MKB-3	108,12 ± 2,51 ^a	6,96		
Plavo LED	MKM-0	88,94 ± 2,54 ^{bc}	8,58		
	MKM-1	82,57 ± 1,91 ^{bcedefgh}	6,93		
	MKM-2	75,67 ± 2,54 ^{defghij}	10,06		
	MKM-3	70,78 ± 1,52 ^{hijklm}	6,44		
	Analiza varijanse				
	Izvor varijacije	df	F	p	η ² _p
	Svjetlo	3	101,609	<0,001***	0,545
Biljni regulatori rasta	7	38,700	<0,001***	0,515	
Svjetlo * Biljni regulatori rasta	21	9,655	<0,001***	0,443	
R ² = 0,724					

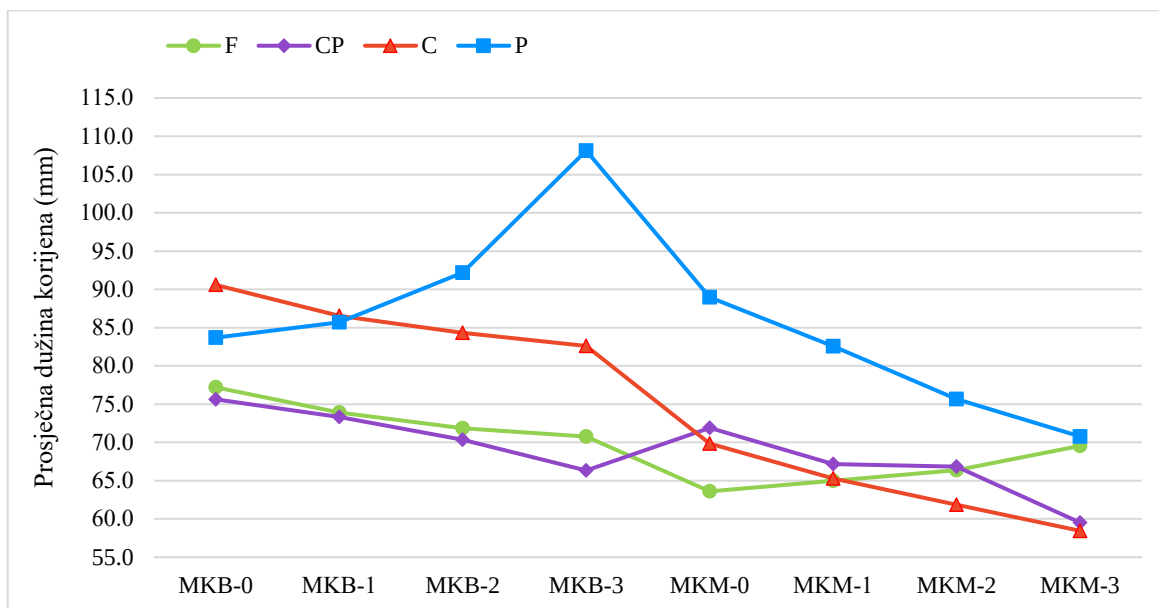
$\bar{X}$ – aritmetička sredina, $S_{\bar{x}}$ – standardna greška aritmetičke sredine, Vk – koeficijent varijacije, df – stepeni slobode, F – F vrijednost, p – statistička značajnost, η^2_p – veličina efekta, R² – koeficijent determinacije.

Srednje vrijednosti obilježene različitim slovima se statistički značajno razlikuju na osnovu Tukijevog HSD testa (p≤0,05) (vidjeti Tabelu P1.3.9. u Prilogu 1).

Posmatrano po tipovima svjetlosti, eksplantati uzgajani na MS podlozi sa 6-BAP-om bez dodatka auksina (MKB-0) razvili su duži korijen u poređenju s tretmanima koji su sadržavali IBA-u, pod fluorescentnim svjetlom, crvenim LED svjetlom i kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla. Suprotno tome, pod plavim LED svjetlom, eksplantati iz tretmana MKB-0 imali su kraći korijen. Eksplantati uzgajani na MS podlozi s mT-om bez

dodatka auksina (MT-0) razvili su kraći korijen u poređenju s tretmanima koji su sadržavali IBA-u, pod svim LED izvorima svjetlosti, dok je pod fluorescentnim svjetlom zabilježen suprotan trend. Ove razlike su bile statistički visoko značajne ($p < 0,001$) samo sa tretmanima MKB-3 i MKM-3 pod plavim LED svjetlom.

Kod eksplantata ukorijenjenih pod plavim LED svjetlom zabilježen je duži korijen u poređenju s ostalim izvorima svjetlosti, osim u tretmanima MKB-0 i MKB-1, gdje je crveno LED svjetlo imalo nešto izraženiji uticaj na izduživanje korijena.



Grafikon 6.32. Uticaj interakcije svjetlosti i biljnih regulatora rasta na prosječnu dužinu korijena na ukorijenjenim eksplantatima podubice (*Teucrium chamaedrys* L.). F – fluorescentno svjetlo, CP – crveno + plavo LED svjetlo [1:1], C – crveno LED svjetlo, P – plavo LED svjetlo. MKB-0 – 0,1 mg/L 6-BAP; MKB-1 – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,5 mg/L IBA; MKB-2 – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,75 mg/L IBA; MKB-3 – 0,1 mg/L 6-BAP + 1,0 mg/L IBA; MKM-0 – 0,1 mg/L mT; MKM-1 – 0,1 mg/L mT + 0,5 mg/L IBA; MKM-2 – 0,1 mg/L mT + 0,75 mg/L IBA; MKM-3 – 0,1 mg/L mT + 1,0 mg/L IBA.

mT je pokazao jače inhibitorno dejstvo na izduživanje korijena podubice od 6-BAP-a pod svim izvorima svjetlosti.

6.3.3. Aklimatizacija i stopa preživljavanja biljaka u ex vitro uslovima

Tabela 6.27. prikazuje efekte spektralnog sastava svjetlosti i koncentracije biljnih regulatora rasta na stopu preživljavanja biljaka podubice nakon dvije sedmice aklimatizacije, a u zavisnosti od tretmana primijenjenih u fazi *in vitro* ukorjenjavanja.

Tabela 6.27. Prosječna stopa preživljavanja ukorijenjenih biljaka podubice (*Teucrium chamaedrys* L.) nakon dvije sedmice aklimatizacije, a u zavisnosti od tretmana svjetlom i biljnim regulatorima rasta u procesu *in vitro* ukorjenjavanja. U tabeli su prikazani i rezultati ART analize varijanse. **MKB-0** – 0,1 mg/L 6-BAP; **MKB-1** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,5 mg/L IBA; **MKB-2** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,75 mg/L IBA; **MKB-3** – 0,1 mg/L 6-BAP + 1,0 mg/L IBA; **MKM-0** – 0,1 mg/L mT; **MKM-1** – 0,1 mg/L mT + 0,5 mg/L IBA; **MKM-2** – 0,1 mg/L mT + 0,75 mg/L IBA; **MKM-3** – 0,1 mg/L mT + 1,0 mg/L IBA.

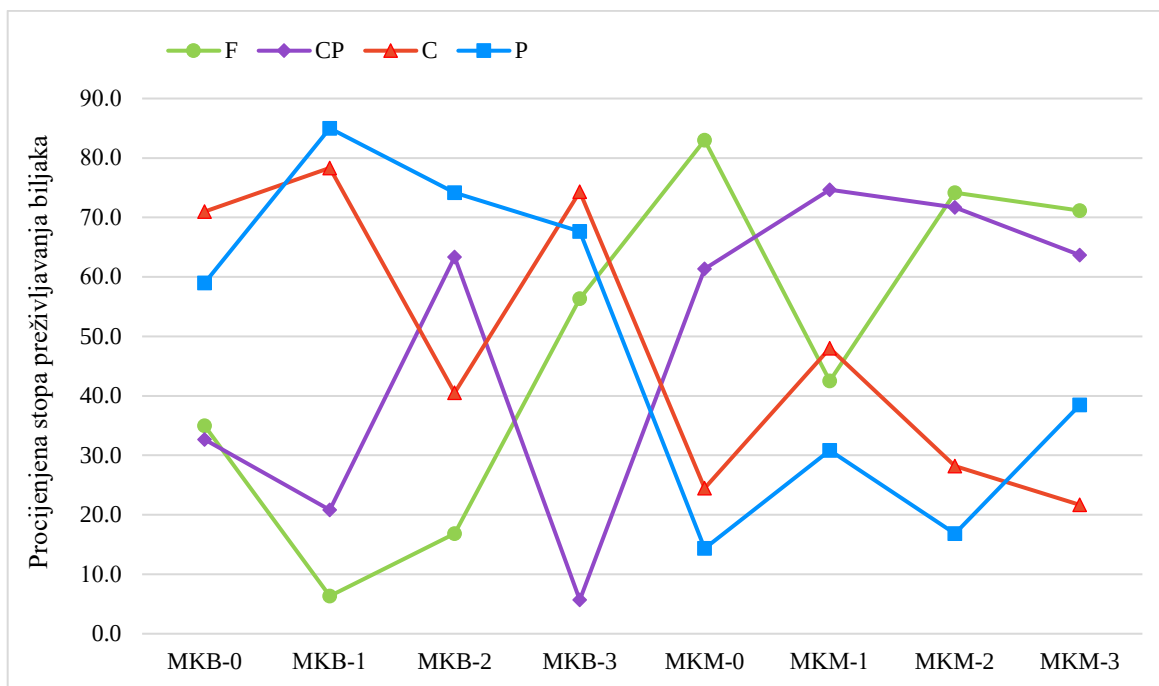
Izvor svjetlosti	Biljni regulatori rasta	Stopa preživljavanja (%)			
		$\bar{X} \pm S_{\bar{x}}$	Vk (%)		
Fluorescentno	MKB-0	20,00 ± 3,85 ^{defgh}	33,33		
	MKB-1	17,78 ± 2,22 ^h	21,65		
	MKB-2	26,67 ± 3,85 ^{fgh}	25,00		
	MKB-3	42,22 ± 5,88 ^{defgh}	24,12		
	MKM-0	60,00 ± 7,70 ^{ab}	22,22		
	MKM-1	33,33 ± 3,85 ^{defgh}	20,00		
	MKM-2	57,78 ± 5,88 ^{bc}	17,63		
	MKM-3	53,33 ± 3,85 ^{abcd}	12,50		
Crveno + plavo LED (1:1)	MKB-0	13,33 ± 3,85 ^{efgh}	50,00		
	MKB-1	20,00 ± 3,85 ^{fgh}	33,33		
	MKB-2	40,00 ± 3,85 ^{cdef}	16,67		
	MKB-3	13,33 ± 3,85 ^h	50,00		
	MKM-0	40,00 ± 3,85 ^{cdef}	16,67		
	MKM-1	42,22 ± 5,88 ^{bc}	24,12		
	MKM-2	51,11 ± 5,88 ^{abcd}	19,92		
	MKM-3	44,44 ± 5,88 ^{cdef}	22,91		
Crveno LED	MKB-0	11,11 ± 2,22 ^{abcd}	34,64		
	MKB-1	26,67 ± 3,85 ^{abc}	25,00		
	MKB-2	13,33 ± 3,85 ^{defgh}	50,00		
	MKB-3	26,67 ± 3,85 ^{bc}	25,00		
	MKM-0	8,89 ± 2,22 ^{efgh}	43,30		
	MKM-1	13,33 ± 3,85 ^{defgh}	50,00		
	MKM-2	15,56 ± 2,22 ^{efgh}	24,74		
	MKM-3	11,11 ± 2,22 ^{fgh}	34,64		
Plavo LED	MKB-0	22,22 ± 2,22 ^{cdef}	17,32		
	MKB-1	48,89 ± 5,88 ^a	20,83		
	MKB-2	44,44 ± 5,88 ^{bc}	22,91		
	MKB-3	40,00 ± 3,85 ^{cde}	16,67		
	MKM-0	20,00 ± 3,85 ^{gh}	33,33		
	MKM-1	22,22 ± 2,22 ^{efgh}	17,32		
	MKM-2	26,67 ± 3,85 ^{fgh}	25,00		
	MKM-3	33,33 ± 3,85 ^{defgh}	20,00		
ART analiza varijanse					
Izvor varijacije		df	F	p	η ² _p
Svjetlo		3	33,887	<0,001***	0,614
Biljni regulatori rasta		7	7,569	<0,001***	0,453
Svjetlo * Biljni regulatori rasta		21	10,359	<0,001***	0,773

$\bar{X}$ – aritmetička sredina, $S_{\bar{x}}$ – standardna greška aritmetičke sredine, Vk – koeficijent varijacije, df – stepeni slobode, F – F vrijednost, p – statistička značajnost, η^2_p – veličina efekta.

Srednje vrijednosti obilježene različitim slovima se statistički značajno razlikuju na osnovu Tukijevog HSD testa ($p \leq 0,05$) koji je sproveden na procijenjenim srednjim vrijednostima iz ART modela (vidjeti Tabelu P1.3.10. u Prilogu 1).

Najveća stopa preživljavanja biljaka u *ex vitro* uslovima je zabilježena kod eksplantata koji su ukorijenjeni pod fluorescentnim svjetlom u MS podlozi sa dodatkom 0,1 mg/L mT-a i bez dodatog auksina (MKM-0; $60,00 \pm 7,70$ %). S druge strane, najnižu stopu preživljavanja su imali eksplantati ukorijenjeni pod crvenim LED svjetlom u tretmanu MKM-0 (MKM-0; $8,89 \pm 2,22$ %).

Rezultati ART analize varijanse su pokazali statistički visoko značajan uticaj ($p < 0,001$) spektralnog sastava svjetlosti i biljnih regulatora rasta, kao i njihove međusobne interakcije, na stopu preživljavanja biljaka u *ex vitro* uslovima. Utvrđen je izrazito snažan efekat interakcije na posmatrani parametar ($\eta^2_p = 0,773$), što ukazuje na visok stepen zavisnosti odgovora biljaka od kombinovanog dejstva analiziranih faktora. U nastavku su grafički prikazane procijenjene srednje vrijednosti stope preživljavanja, dobijene na osnovu ART modela, pri čemu je analiza interakcijskih efekata sprovedena nad rangiranim i poravnanim vrijednostima, kako bi se obezbijedila validnost testiranja u uslovima odstupanja od pretpostavki klasične analize varijanse (Grafikon 6.33).



Grafikon 6.33. Procijenjene prosječne stope preživljavanja ukorijenjenih biljaka podubice (*Teucrium chamaedrys* L.) nakon dvije sedmice aklimatizacije, dobijene na osnovu ART modela, u zavisnosti od tretmana svjetlom i biljnim regulatorima rasta tokom *in vitro* ukorjenjavanja. **F** – fluorescentno svjetlo, **CP** – crveno + plavo LED svjetlo [1:1], **C** – crveno LED svjetlo, **P** – plavo LED svjetlo. **MKB-0** – 0,1 mg/L 6-BAP; **MKB-1** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,5 mg/L IBA; **MKB-2** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,75 mg/L IBA; **MKB-3** – 0,1 mg/L 6-BAP + 1,0 mg/L IBA; **MKM-0** – 0,1 mg/L mT; **MKM-1** – 0,1 mg/L mT + 0,5 mg/L IBA; **MKM-2** – 0,1 mg/L mT + 0,75 mg/L IBA; **MKM-3** – 0,1 mg/L mT + 1,0 mg/L IBA.

Najviša procijenjena stopa preživljavanja zabilježena je kod biljaka iz tretmana MKB-1 pod plavim LED svjetlom. Pored toga, visoke vrijednosti preživljavanja uočene su i u tretmanima MKB-2 i MKB-3 pod istim izvorom svjetlosti, uz blagi pad u odnosu na MKB-1. Suprotno tome, tretman MKB-3 pod kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla pokazao je najnižu vrijednost preživljavanja.

Kod tretmana sa mT-om (MKM), najviša stopa preživljavanja zabilježena je u tretmanu MKM-0 pod fluorescentnim svjetlom, a relativno visoke vrijednosti su uočene i u MKM-1 i MKM-2 pod kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla. Tretmani MKM-1 i MKM-2 pod plavim LED svjetlom, kao i MKM-3 pod crvenim LED svjetlom, pokazali su niže vrijednosti preživljavanja, bez jasnog trenda.

Uopšteno posmatrano, tretmani sa 6-BAP-om (MKB) pod plavim LED svjetlom pokazali su najstabilniji i najpovoljniji učinak na stopu preživljavanja. S druge strane, tretmani sa mT-om (MKM) nisu pokazali jasan obrazac u zavisnosti od svjetlosti, iako su određene vrijednosti pod fluorescentnim i kombinovanim crvenim i plavim LED svjetlom bile iznad prosjeka ostalih tretmana.

7. DISKUSIJA

7.1. Lavanda (*Lavandula angustifolia* L.)

Spektralni sastav svjetlosti i biljni regulatori rasta, kao i njihova međusobna interakcija, imali su značajan uticaj na mikropropagaciju lavande u fazi multiplikacije. Nasuprot tome, u fazama *in vitro* ukorjenjavanja i *ex vitro* preživljavanja, efekat njihove međusobne interakcije nije bio statistički značajan.

Relativno visoke do vrlo visoke vrijednosti koeficijenta determinacije i efekta primijenjenih tretmana kod svježe mase ($R^2 = 0,782$; $\eta^2_p = 0,524$), broja novih izdanaka ($R^2 = 0,833$; $\eta^2_p = 0,584$) i broja nodusa na izdancima ($R^2 = 0,767$; $\eta^2_p = 0,274$) sugerišu da se veći dio varijacije može objasniti dejstvom faktora uključenih u model analize varijanse, dok je uticaj genetskog potencijala i individualnih reakcija eksplantata manje izražen u ovim parametrima.

Sličan obrazac uočen je i kod suve mase ($R^2 = 0,606$; $\eta^2_p = 0,344$) i dužine izdanaka ($R^2 = 0,806$; $\eta^2_p = 0,133$), gdje su srednje do visoke vrijednosti koeficijenta determinacije i efekta primijenjenih tretmana ukazale na značajan, ali nešto umjereniji uticaj tretmana u poređenju sa prethodno navedenim parametrima, što upućuje na veću zavisnost ovih morfoloških karakteristika od fizioloških specifičnosti i individualne reakcije eksplantata.

Kod procenta *in vitro* ukorjenjavanja, uticaj biljnih regulatora rasta bio je izraženo snažan ($\eta^2_p = 0,774$), dok je efekat svjetlosti takođe bio visok ($\eta^2_p = 0,536$), što ukazuje na to da oba faktora imaju ključnu ulogu u procesu inicijacije korijena. Nasuprot tome, kod prosječnog broja korjenova zabilježene su niže vrijednosti efekta ($\eta^2_p = 0,317$ za svjetlost; $\eta^2_p = 0,137$ za regulatore rasta), što sugerise veću ulogu fizioloških specifičnosti eksplantata i moguće međudejstvo drugih faktora koji nisu direktno obuhvaćeni modelom.

U slučaju prosječne dužine korijena, biljni regulatori rasta su pokazali izraženiji uticaj ($\eta^2_p = 0,634$) u odnosu na svjetlost ($\eta^2_p = 0,447$), što ukazuje na značaj hormonske regulacije u elongaciji korijena. Kada je riječ o stopi preživljavanja eksplantata nakon *in vitro* faze, i svjetlost ($\eta^2_p = 0,727$) i biljni regulatori rasta ($\eta^2_p = 0,701$) pokazali su vrlo visoke vrijednosti efekta, što ukazuje na sinergijsko djelovanje ovih faktora u očuvanju vitalnosti i adaptivnog potencijala biljaka u uslovima aklimatizacije.

Pod kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla zabilježene su najviše vrijednosti svježe i suve mase eksplantata lavande, dok je pod crvenim LED svjetlom formiran najveći prosječan broj novih izdanaka, a izdanci su bili i najduži. S druge strane, najveći broj nodusa na izdancima formiran je pod fluorescentnim svjetlom. Ovi rezultati ukazuju na povoljan

uticaj crvenog dijela spektra u fazi multiplikacije lavande, iako je istovremeno zabilježeno izraženo izduživanje izdanaka sa produženim internodijama, koje su bile 2 do 2,5 puta duže u odnosu na ostale izvore svjetlosti.

Interakcija između citokinina i svjetlosti imala je značajan uticaj na multiplikaciju izdanaka. Tako je 6-BAP pod fluorescentnim, crvenim LED i plavim LED svjetlom pokazao veći efekat na stvaranje svježe i suve mase u poređenju sa mT-om, dok je mT bio efikasniji pod kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla. Kada je riječ o broju novih izdanaka, mT je dao bolje rezultate u odnosu na 6-BAP pod svim izvorima svjetlosti, dok je 6-BAP bio dominantniji u stimulaciji izduživanja i formiranja nodusa.

Povećanje koncentracije citokinina iznad 0,5 mg/L uticalo je na skraćivanje izdanaka, što sugerise da veće koncentracije citokinina inhibiraju elongaciju, dok istovremeno podstiču formiranje većeg broja izdanaka i doprinose kompaktnijem rastu eksplantata.

Crveno LED svjetlo je značajno povećalo procenat ukorjenjavanja, broj korjenova i dužinu korijena u poređenju sa ostalim svjetlosnim tretmanima, pri čemu su najbolje vrijednosti ovih parametara zabilježene u hranljivoj podlozi sa dodatkom 0,1 mg/L mT + 0,5 mg/L IBA (MKM-3). Ovi rezultati su u skladu sa ranijim istraživanjima, koja su pokazala pozitivno dejstvo crvenog spektra na ukorjenjavanje lavande, kako u *in vitro* (Darouez i Werbrouck, 2024), tako i u *in vivo* uslovima (Peçanha i sar., 2023).

Ipak, ukupne stope ukorjenjavanja bile su niske u svim tretmanima (26,67–57,78 %), uključujući i one sa najvišim koncentracijama IBA-e, što ukazuje da bi viši odnos auksina u odnosu na citokinine (npr. iznad 5:1) mogao biti ključan za uspješniju indukciju korijena. Ovakva pretpostavka je u skladu sa drugim istraživanjima, u kojima su najbolje vrijednosti ukorjenjavanja dobijene u podlogama bez dodatka citokinina i sa koncentracijama IBA-e ili NAA u rasponu od 0,5 do 1,0 mg/L (Li i sar., 2019; Abbaszadeh i sar., 2023). S druge strane, Koefender i sar. (2021) su prijavili najbolje rezultate u MS podlozi bez dodatnih hormona, dok su Leevathi i sar. (2020) ukorjenjavanje optimizovali pomoću kompleksnije kombinacije biljnih regulatora rasta (2,0 mg/L 6-BAP + 1,0 mg/L IBA + 0,5 mg/L NAA).

Hranljive podloge bez auksina (MKB-0 i MKM-0) pokazale su najslabije rezultate u pogledu ukorjenjavanja pod svim izvorima svjetlosti, dok je dodatak 0,5 mg/L IBA-e značajno poboljšao kako kvantitativne, tako i kvalitativne osobine korjenovog sistema. Kombinacija mT-a i IBA-e pokazala se najefikasnijom u razvoju korijena, što dodatno potvrđuje da mT ima slabije inhibitorno djelovanje na ukorjenjavanje u poređenju sa 6-BAP-om.

Stopa preživljavanja eksplantata bila je najviša (51,11 %) kod biljaka ukorijenjenih pod crvenim LED svjetlom u tretmanu MKM-3, što ukazuje na sinergijski efekat pogodnog svjetlosnog spektra i uravnoteženog odnosa fitohormona u stimulaciji adaptivnog odgovora biljaka nakon *in vitro* faze.

Iako je crveno LED svjetlo u fazi multiplikacije izazvalo izraženo izduživanje izdanaka, ovaj efekat nije bio toliko jako izražen tokom faze ukorjenjavanja, naročito u tretmanima sa mT-om, gdje su zabilježeni nešto kompaktniji rast i dobro razvijen korjenov sistem. Ova razlika u odgovoru biljaka ukazuje na specifičnu osjetljivost eksplantata na svjetlost i biljne regulatore rasta, što dodatno potvrđuje važnost precizne regulacije uslova u svakoj fazi mikropropagacije.

7.2. Ruzmarin (*Rosmarinus officinalis* L.)

Istraživanje je pokazalo da spektralni sastav svjetlosti i biljni regulatori rasta, kao i njihova međusobna interakcija, imaju značaj uticaj na mikropropagaciju ruzmarina u svim fazama, od multiplikacije, preko *in vitro* ukorjenjavanja, do preživljavanja biljaka u procesu aklimatizacije.

Relativno niske i srednje visoke vrijednosti koeficijenta determinacije i efekta primijenjenih tretmana kod svježe mase ($R^2 = 0,306$; $\eta^2_p = 0,091$), suve mase ($R^2 = 0,539$; $\eta^2_p = 0,100$) i dužine izdanaka ($R^2 = 0,411$; $\eta^2_p = 0,095$) sugerišu da dio varijacije u rezultatima nije moguće objasniti samo faktorima uključenim u model analize varijanse. Jedan od mogućih uzroka takve varijabilnosti jeste individualna reakcija eksplantata na tretmane. Kada je riječ o svježoj i suvoj masi, važan faktor koji doprinosi toj varijabilnosti jeste afinitet eksplantata prema formiranju kalusa u bazi, jer je u hranljivim podlogama za fazu multiplikacije dodat auksin NAA. NAA, osim što podstiče formiranje kalusa, istovremeno stimulise i izduživanje izdanaka, što ukazuje na kompleksnost biljnih odgovora i potrebu za pažljivijom interpretacijom efekata tretmana kod navedenih parametara.

S druge strane, relativno visoke do vrlo visoke vrijednosti koeficijenta determinacije i efekta primijenjenih tretmana kod broja novih izdanaka ($R^2 = 0,891$; $\eta^2_p = 0,652$) i broja nodusa, odnosno listova na izdancima ($R^2 = 0,660$; $\eta^2_p = 0,184$), ukazuju na to da su ovi parametri u većoj mjeri određeni primijenjenim tretmanima, dok je uticaj genetskog potencijala i individualnih reakcija eksplantata manje izražen.

Sličan obrazac zapažen je i kod parametara ukorjenjavanja gdje visoke vrijednosti koeficijenta determinacije i efekta primijenjenih tretmana kod procenta *in vitro* ukorjenjavanja ($R^2 = 0,802$; $\eta^2_p = 0,830$ – za izvor svjetlosti; $\eta^2_p = 0,539$ – za biljne regulatore rasta), broja korjenova na ukorijenjenim eksplantatima ($R^2 = 0,503$; $\eta^2_p = 0,222$) i ukupnoj dužini korijena ($R^2 = 0,729$; $\eta^2_p = 0,157$), kao i efekta primijenjenih tretmana kod stope preživljavanja biljaka u *ex vitro* uslovima ($\eta^2_p = 0,620$), potvrđuju da su i ove osobine dominantno određene primijenjenim tretmanima, a u manjoj mjeri fiziološkim statusom eksplantata.

Pod plavim LED svjetlom zabilježene su najviše vrijednosti svježe mase i broj nodusa na izdancima, dok su pod fluorescentnim svjetlom zabilježene najveća suva masa i najveći broj novih izdanaka na eksplantatima. S druge strane, dužina izdanaka je bila najveća pod crvenim LED svjetlom, što ukazuje na to da različiti svjetlosni spektri regulišu specifične morfogenetske odgovore kod ruzmarina. Ovi rezultati se podudaraju sa

prethodnim istraživanjem sprovedenim na reznicama ruzmarina uzgajanim *in vivo*, gdje je plavo LED svjetlo, u poređenju sa crvenim spektrom i prirodnom svjetlošću, imalo bolji efekat na akumulaciju svježe mase (Gil i sar., 2021). Slični trendovi su zabilježeni i kod drugih biljnih vrsta, gdje je plavo svjetlo podsticalo akumulaciju svježe mase, dok je crvena svjetlost stimulirala izduživanje izdanaka (Cioć i sar., 2017; Gnasekaran i sar., 2021).

Interakcija između citokinina i svjetlosti je imala značajan uticaj na multiplikaciju izdanaka. mT je pod fluorescentnim svjetlom, crvenim LED svjetlom i plavim LED svjetlom bolje uticao na stvaranje svježe i suve mase u poređenju sa 6-BAP-om, dok je, s druge strane, 6-BAP bio efikasniji pod kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla. Kada je riječ o broju i dužini izdanaka, 6-BAP je bolje djelovao pod crvenim LED svjetlom i kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla, dok je mT bio efikasniji pod fluorescentnim i plavim LED svjetlom. Razlike između ova dva citokinina su bile manje izražene kada je u pitanju formiranje nodusa, ali je mT pokazao stabilnije djelovanje u različitim svjetlosnim uslovima. Ovi rezultati potvrđuju tvrdnje da mT pruža uravnoteženije dejstvo citokinina uz manje inhibicijskih efekata u poređenju sa 6-BAP-om, što je već dokazano kod drugih vrsta (Khanam i sar., 2020; Jayaprakash i sar., 2021; Ellena i sar., 2023).

U ovom istraživanju, povećanje koncentracije citokinina iznad 1,0 mg/L nije dosljedno povećavalo dužinu izdanaka, što sugerise da više koncentracije mogu inhibirati njihovo izduživanje, favorizujući umjesto toga kompaktan rast i formiranje novih izdanaka.

Plavo LED svjetlo je značajno poboljšalo procenat ukorjenjavanja u poređenju sa ostalim svjetlosnim tretmanima, pri čemu su najbolje vrijednosti zabilježene u hranljivoj podlozi sa 0,1 mg/L mT + 0,5 mg/L IBA (MKM-3). Sličan trend je primijećen i kod *in vivo* reznica ruzmarina, gdje je plava svetlost poboljšala formiranje i razvoj korijena (Gil i sar., 2021). Suprotno tome, crvena svjetlost je rezultirala najnižom efikasnošću ukorjenjavanja, što je u skladu sa nalazima kod maline (*Rubus idaeus* L.), gdje je ovaj spektralni sastav svjetlosti dao najniže stope ukorjenjavanja *in vitro* (Nacheva i sar., 2023).

Iako se, u ovom istraživanju, koncentracija od 0,5 mg/L IBA-e pokazala kao optimalna za ukorjenjavanje, prethodne *in vitro* studije na ruzmarinu pokazale su nedosljedne odgovore na tretmane ovim auksinom u sličnim koncentracijama. Misra i Chaturvedi (1984) su utvrdili da IBA u koncentracijama od 0,25 i 0,5 mg/L nije bila efikasna za ukorjenjavanje. Suprotno tome, Vardanyan i sar. (2025) su prijavili visoke procenat ukorjenjavanja pri nižim koncentracijama IBA-e (0,2 i 0,3 mg/L) u kombinaciji sa smanjenim nivoima makro- i mikro soli u hranljivoj podlozi. Pošto su obe ove studije

koristile modifikovanu MS podlogu bez dodatnih citokinina, razlike u odgovoru na auksin mogle su biti posljedica sastava hranljive podloge, a ne samo koncentracije auksina.

Hranljive podloge bez auksina (MKB-0 i MKM-0) pokazale su slabo ukorjenjavanje u svim svjetlosnim uslovima, dok je dodatak 0,5 mg/L IBA-e (MKB-3 i MKM-3) značajno povećao i broj korjenova i ukupnu prosječnu dužinu korijena. Kombinacija mT-a i IBA-e rezultirala je najrazvijenijim korijenovim sistemom kod eksplantata ruzmarina, dodatno potvrđujući da mT ima manji inhibicioni efekat na *in vitro* ukorjenjavanje u poređenju sa 6-BAP-om.

Najviši procenat ukorjenjavanja je postignut kada je odnos auksina i citokinina u hranljivoj podlozi bio 5:1 (MKM-3; 0,1 mg/L mT + 0,5 mg/L IBA). Uprkos dominaciji auksina, inhibicioni efekti citokinina na ukorjenjavanje su i dalje bili prisutni u kulturama. Međutim, biljke iz ovog tretmana biljnim regulatorima rasta, koje su ukorijenjene pod plavim LED svjetlom pokazale su i najvišu stopu preživljavanja, dodatno ističući pozitivan uticaj plave svjetlosti i mT-a na preživljavanje biljaka u *ex vitro* uslovima.

Iako fluorescentno svjetlo ostaje dobra opcija za fazu multiplikacije, njena slabija efikasnost u fazama ukorjenjavanja i aklimatizacije sugerise da je ovaj izvor svjetlosti manje pogodan za cjelokupni ciklus mikropropagacije ruzmarina u poređenju sa plavim LED svjetlom. Ovo istraživanje takođe ističe prednost mT-a u odnosu na 6-BAP i njegov potencijal za unapređenje komercijalnih protokola mikrorazmnožavanja ruzmarina i proizvodnju visokokvalitetnog sadnog materijala ove vrste.

7.3. Podubica (*Teucrium chamaedrys* L.)

Rezultati istraživanja su pokazali da spektralni sastav svjetlosti i biljni regulatori rasta, kao i njihova međusobna interakcija, imaju značaj uticaj na mikropropagaciju podubice u svim fazama, od multiplikacije, preko *in vitro* ukorjenjavanja, do preživljavanja biljaka u procesu aklimatizacije.

Visoke vrijednosti koeficijenta determinacije i efekta primijenjenih tretmana kod svježe mase ($R^2 = 0,897$; $\eta^2_p = 0,484$) i prosječnog broja novih izdanaka ($R^2 = 0,841$; $\eta^2_p = 0,676$) ukazuju na to da su ovi parametri u većoj mjeri zavisni od uticaja primijenjenih tretmana koji su obuhvaćeni modelom analize varijanse. Visoke, ali nešto umjerenije, vrijednosti koeficijenta determinacije i efekta primijenjenih tretmana su zabilježene i kod suve mase ($R^2 = 0,737$; $\eta^2_p = 0,253$) i prosječne dužine izdanaka ($R^2 = 0,737$; $\eta^2_p = 0,253$), što ukazuje na nešto veću zavisnost ovih parametara od fizioloških karakteristika i individualnih odgovora eksplantata.

Srednje visoke vrijednosti koeficijenta determinacije i efekta primijenjenih tretmana kod prosječnog broja nodusa ($R^2 = 0,737$; $\eta^2_p = 0,253$) ukazuje na djelimičnu povezanost ovog morfološkog parametra sa primijenjenim tretmanima, kao i na potencijalno veću ulogu genetske varijabilnosti i reakcija na hormonske i svjetlosne signale.

Parametri iz faze *in vitro* ukorjenjavanja pokazuju da su primijenjeni tretmani imali različit stepen uticaja na uspješnost formiranja korjenovog sistema kod eksplantata podubice. Kod procenta ukorjenjavanja zabilježena je umjerena vrijednost koeficijenta determinacije ($R^2 = 0,514$) i visoke i skoro jednake vrijednosti efekata pojedinačnih faktora ($\eta^2_p = 0,449$ – za svjetlost; $\eta^2_p = 0,454$ – za biljne regulatore rasta), što potvrđuje značajan doprinos oba faktora uspješnosti ukorjenjavanja.

S druge strane, za broj formiranih korjenova dobijene su niže vrijednosti koeficijenta determinacije i efekta primijenjenih tretmana ($R^2 = 0,434$; $\eta^2_p = 0,126$), što ukazuje na slabiji uticaj analiziranih faktora i mogući veći značaj unutrašnjih fizioloških karakteristika eksplantata ili drugih faktora koji nisu bili uključeni u model. Nasuprot tome, dužina korijena pokazala je znatno više vrijednosti koeficijenta determinacije i efekta primijenjenih tretmana ($R^2 = 0,724$; $\eta^2_p = 0,443$), što ukazuje na veću osjetljivost ovog parametra na uslove svjetlosti i sastav biljnih regulatora rasta u hranljivoj podlozi, te potvrđuje važnost kontrole ovih faktora za optimalan razvoj korjenovog sistema.

Pod kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla zabilježena je najviša vrijednost svježe mase, dok su vrijednosti suve mase i prosječnog broja nodusa bile najveće pod

fluorescentnim svjetlom. S druge strane, prosječan broj novih izdanaka i dužina izdanaka su bili najveći pod crvenim LED svjetlom. Ove razlike potvrđuju zapažanje da različiti svjetlosni spektri regulišu specifične fotomorfogenetske odgovore kod podubice, slično kao kod drugih vrsta.

Interakcija između svjetlosti i kombinacije biljnih regulatora rasta je imala značajan uticaj na fazu multiplikacije. Primjena 6-BAP-a dala je bolje rezultate u stvaranju svježih mase pod crveno-plavim LED svjetlom, suve mase pod fluorescentnim svjetlom, te većeg broja novih izdanaka pod crvenim LED svjetlom, u poređenju sa mT-om. Međutim, najveća dužina izdanaka i broj nodusa su zabilježeni u tretmanima bez dodatka citokinina (MS-0), što sugerise važnu ulogu NAA u stimulaciji ovih parametara. Slični rezultati su ostvareni i u istraživanju Razavi i sar. (2019), gdje je najveći stepen indukcije izdanaka iz kalusa podubice postignut na MS podlozi sa 0,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA, što dodatno potvrđuje efikasnost ove kombinacije hormona u regeneraciji izdanaka ove vrste.

Povećanje koncentracije citokinina u hranljivoj podlozi je dovelo do povećanja svježih i suvih mase, kao i broja novih izdanaka, pri čemu su ti efekti bili izraženiji kod 6-BAP-a u odnosu na mT. Istovremeno, veće koncentracije 6-BAP-a dovele su do skraćivanja izdanaka i manjeg broja nodusa pod svim svjetlosnim tretmanima, što ukazuje na formiranje kompaktnijeg habitusa eksplantata.

Fluorescentno svjetlo se pokazalo kao najefikasnije za ukorjenjavanje u *in vitro* uslovima, razvoj većeg broja korjenova, kao i za preživljavanje biljaka u *ex vitro* fazi. Plavo LED svjetlo, s druge strane, pozitivno je uticalo na izduživanje korijena. Najviši procenat ukorjenjavanja postignut je u tretmanu MKM-3 (0,1 mg/L mT + 1,0 mg/L IBA), pod fluorescentnim svjetlom, dok su najveći broj korjenova i najviša stopa preživljavanja zabilježeni u tretmanu MKM-0, takođe pod fluorescentnim svjetlom. Dužina korijena bila je najizraženija pod plavim LED svjetlom u tretmanu MKB-3.

mT se pokazao učinkovitijim od 6-BAP-a kada je riječ o procentu ukorjenjavanja i broju formiranih korjenova, bez obzira na tip svjetla, dok je 6-BAP bio efikasniji u stimulaciji izduživanja korijena. Najveći procenat ukorjenjavanja (80,00 %) ostvaren je kada je odnos auksina i citokinina u podlozi iznosio 10:1 (MKM-3), što ukazuje na to da je inhibitorni efekat citokinina bio sveden na minimum. Pored toga, eksplantati ukorijenjeni u tretmanima MT-2 i MT-3 (mT + 0,75/1,0 mg/L IBA), pod fluorescentnim svjetlom, ostvarili su najviše stope preživljavanja biljaka nakon aklimatizacije. Ovakav rezultat je u skladu sa prosječnom stopom preživljavanja (~80%) prijavljenom od strane Razavi i sar. (2019) nakon

četiri sedmice aklimatizacije, čime se dodatno potvrđuje važnost uravnoteženog odnosa auksina i citokinina za uspješno prelaženje biljaka u *ex vitro* uslove.

Iako fluorescentno svjetlo nije bilo superiorno u svim parametrima, njegove dobre performanse u fazi ukorjenjavanja i preživljavanja eksplantata ističu njegovu ključnu ulogu u efikasnoj mikropropagaciji podubice.

Varijabilnost odgovora eksplantata podubice na kombinacije svjetlosti i biljnih regulatora rasta potvrđuje kompleksnost procesa *in vitro* razmnožavanja i naglašava važnost eksperimentalnog pristupa zasnovanog na specifičnim zahtjevima vrste.

8. ZAKLJUČCI

Dobijeni rezultati jasno ukazuju na to da spektar svjetlosti i biljni regulatori rasta imaju značajan i međusobno zavisian uticaj na sve faze *in vitro* kulture, ali se efekti ovih faktora razlikuju u zavisnosti od vrste, razvojne faze i specifičnih morfoloških parametara. U sve tri ispitivane vrste, mT se pokazao kao efikasnija i stabilnija alternativa klasičnom citokininu – 6-BAP, naročito u fazama ukorjenjavanja i preživljavanja biljaka. LED tehnologija, posebno u domenu plavog i crvenog spektra, demonstrirala je određene prednosti u odnosu na fluorescentno svjetlo, ali ni jedan izvor nije pokazao univerzalnu superiornost u svim parametrima i fazama razvoja. Takođe, optimalan odnos auksina i citokinina pokazao se kao ključan faktor za uspješno ukorjenjavanje i adaptaciju biljaka u *ex vitro* uslove, odnosno proizvodnju sadnog materijala. Ovi rezultati potvrđuju da optimizacija protokola mikropropagacije zahtijeva precizno prilagođavanje fiziološkim specifičnostima svake biljne vrste, kao i pažljivo podešavanje faktora koji utiču na rast i razvoj biljaka u *in vitro* uslovima, u svakoj pojedinačnoj fazi procesa.

Na osnovu dobijenih rezultata, moguće je izdvojiti i specifične zaključke i preporuke za svaku od analiziranih vrsta pojedinačno, sa aspekta proizvodnje sadnog materijala i optimizacije protokola za mikropropagaciju:

1) Lavanda (*Lavandula angustifolia* Mill.)

- Crveni spektar (samostalno ili u kombinaciji sa plavim) je imao izuzetno povoljno dejstvo na akumulaciju biomase i proliferaciji izdanaka. Međutim, crveno LED svjetlo je istovremeno izazvalo izraženo izduživanje izdanaka, te bi bilo preporučljivo da se nakon početnog formiranja novih izdanaka, eksplantati u fazi multiplikacije dalje uzgajaju pod izvorima svjetlosti koji uključuju i plavi spektar, uz dominaciju crvene komponente.
- mT, u koncentracijama 1,0 i 1,5 mg/L je pokazao veću efikasnost u stimulaciji broja izdanaka u poređenju sa 6-BAP-om. Nasuprot tome, 6-BAP je bio efikasniji u stimulaciji elongacije i formiranju nodusa, ali je istovremeno zabilježena i pojava vitrifikacije tkiva. Zbog toga se upotreba mT preporučuje kao sigurnija i efikasnija opcija u fazi multiplikacije.
- Najveći procenat *in vitro* ukorjenjavanja i najviša stopa *ex vitro* preživljavanja postignuti su kod eksplantata uzgajanih u tretmanu MKM-3 (0,1 mg/L mT + 0,5 mg/L IBA) pod crvenim LED svjetlom. Ipak, s

obzirom na to da su stope *in vitro* ukorjenjavanja bile relativno niske u svim tretmanima, neophodno je dodatno ispitati efekat IBA-e u višim koncentracijama, odnosno pri odnosima auksina i citokinina većim od 5:1.

2) Ruzmarin (*Rosmarinus officinalis* L.)

- Plavi spektar svjetlosti pokazao je najizraženiji efekat u fazi multiplikacije ruzmarina, naročito u pogledu akumulacije biomase, formiranja nodusa i elongacije izdanaka. Iako je izduživanje bilo prisutno, nije bilo tako intenzivno kao kod tretmana crvenim LED svjetlom. Fluorescentno svjetlo, s druge strane, imalo je najbolji uticaj na proliferaciju izdanaka, odnosno povećanje broja izdanaka po eksplantatu, te se može preporučiti da se početna faza multiplikacije sprovodi pod fluorescentnim svjetlom, a zatim nastavi pod plavim LED svjetlom.
- mT se pokazao stabilnijim i efikasnijim u odnosu na 6-BAP, posebno u fazama ukorjenjavanja i preživljavanja. Eksplantati tretirani mT-om tokom multiplikacije ispoljili su znatno manju pojavu vitifikacije tkiva, čak i pri najvišim ispitivanim koncentracijama. Najbolji rezultati u fazi multiplikacije postignuti su pri koncentraciji od 1,0 mg/L mT-a.
- Tretman koji je uključivao kombinaciju 0,1 mg/L mT-a i 0,5 mg/L IBA-e pod plavim LED svjetlom dao je najpovoljnije rezultate u *in vitro* ukorjenjavanju i *ex vitro* preživljavanju biljaka. Iako su stope ukorjenjavanja u ovom tretmanu bile relativno visoke, preporučuje se dalje istraživanje efekata viših koncentracija IBA-e i odnosa auksina i citokinina većeg od 5:1, radi dodatne optimizacije faze ukorjenjavanja.

3) Podubica (*Teucrium chamaedrys* L.)

- Crveno LED svjetlo najefikasnije je stimulisalo formiranje novih i dužih izdanaka, pri čemu internodije nisu bile znatno duže u poređenju sa drugim izvorima svjetlosti, što ukazuje na dobar balans između rasta i kompaktnosti. Fluorescentno svjetlo i kombinacija crvenog i plavog LED spektra pozitivno su uticali na akumulaciju biomase i formiranje nodusa. Na osnovu ovih rezultata, preporučuje se da se faza multiplikacije započne pod crvenim LED svjetlom, a završi pod fluorescentnim.

- Za fazu multiplikacije posebno se preporučuje primjena 6-BAP-a u koncentraciji od 1,5 mg/L u kombinaciji sa 0,1 mg/L NAA, s obzirom na dobar učinak na razvoj izdanaka i ukupni porast mase eksplantata.
- mT je pokazao veću efikasnost u fazi *in vitro* ukorjenjavanja u poređenju sa 6-BAP-om, dok je 6-BAP imao izraženiji efekat na elongaciju korijena.
- Tretman MKM-3 pod fluorescentnim svjetlom rezultirao je najvišim procentom ukorjenjavanja (80%), dok je MKM-2 pod istim svjetlom dao najvišu stopu preživljavanja, koja je bila približno 4% veća u odnosu na MKM-3. Iako su rezultati različitih tretmana bili djelimično neujednačeni kroz faze ukorjenjavanja i aklimatizacije, preporučuje se upotreba fluorescentnog svjetla i kombinacije 0,1 mg/L mT + 1,0 mg/L IBA kao optimalne varijante za *in vitro* ukorjenjavanje podubice.

Istraživanje je potvrdilo da sinergija između spektralnog sastava svjetlosti i biljnih regulatora rasta ima ključnu ulogu u optimizaciji svih faza mikropropagacije, od multiplikacije do ukorjenjavanja i aklimatizacije. Pravilno usklađivanje ovih faktora, u zavisnosti od biljne vrste i faze razvoja, omogućava efikasniju proizvodnju vitalnih i morfološki ujednačenih biljaka. Ovakav pristup predstavlja osnovu za uspostavljanje standardizovanih, ali i fleksibilnih protokola koji su prilagodljivi različitim vrstama i sistemima proizvodnje. Implementacija optimizovanih *in vitro* protokola može značajno unaprijediti komercijalnu mikropropagaciju kroz smanjenje troškova, povećanje kvaliteta sadnog materijala i veću pouzdanost u pogledu preživljavanja biljaka u *ex vitro* uslovima.

Takođe, iako je ostvaren značajan napredak u razumijevanju pojedinačnih efekata svjetlosti i biljnih regulatora rasta na *in vitro* razmnožavanje, njihova međusobna interakcija još uvijek nije dovoljno istražena kod ekonomski i ekološki značajnih vrsta kao što su lavanda, ruzmarin i podubica. U tom kontekstu, rezultati ovog istraživanja predstavljaju vrijedan naučni i praktični doprinos razvoju efikasnih protokola za proizvodnju visokokvalitetnog i zdravog sadnog materijala navedenih vrsta.

9. LITERATURA

1. Abbaszadeh, F., Daneshvar, M. H., Salehi Salmi, M., & Lotfi Jalal Abadi, A. (2023). Determining the best combination of explant and plant growth regulators on callogenesis, indirect organogenesis, proliferation, and rooting of *Lavandula officinalis* L. *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research*, 30(2), 306-323. <https://doi.org/10.22092/ijrfpbgr.2022.359072.1423>
2. Abdalla, N., El-Ramady, H., Seliem, M. K., El-Mahrouk, M. E., Taha, N., Bayoumi, Y., Shalaby, T. A., & Dobránszki, J. (2022). An academic and technical overview on plant micropropagation challenges. *Horticulturae*, 8(8), 677. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8080677>
3. Al-Ali, A. M., Dewir, Y. H., & Al-Obeed, R. S. (2024). Micropropagation of Al-Taif Rose: Effects of Medium Constituents and Light on In Vitro Rooting and Acclimatization. *Agronomy*, 14(6), 1120. <https://doi.org/10.3390/agronomy14061120>
4. Al-Qudah, T. S., Shibli, R. A., & Alali, F. Q. (2011). In vitro propagation and secondary metabolites production in wild germander (*Teucrium polium* L.). *In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant*, 47(4), 496–505. <https://doi.org/10.1007/s11627-011-9352-9>
5. Al-Saedi, A. A. R., & Al-Rekaby, L. S. (2022). Environmental Influence of growth regulators and light condition on some callus traits of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) in vitro. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1029(1), 012013. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1029/1/012013>
6. Alvarenga, I. C. A., Pacheco, F. V., Silva, S. T., Bertolucci, S. K. V., & Pinto, J. E. B. P. (2015). In vitro culture of *Achillea millefolium* L.: quality and intensity of light on growth and production of volatiles. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, 122(2), 299–308. <https://doi.org/10.1007/s11240-015-0766-7>
7. Appelgren, M. (1991). Effects of light quality on stem elongation of *Pelargonium* in vitro. *Scientia Horticulturae*, 45(3–4), 345–351. [https://doi.org/10.1016/0304-4238\(91\)90081-9](https://doi.org/10.1016/0304-4238(91)90081-9)
8. Arya, A., Sharma, V., Tyagi, P. K., Gola, D., & Husen, A. (2022). Role of cytokinins in adventitious root formation. In A. Husen (Ed.), *Environmental, Physiological and Chemical Controls of Adventitious Rooting in Cuttings* (pp. 239–249). Academic Press New York. <https://doi.org/10.1016/b978-0-323-90636-4.00017-9>

9. Barceló-Muñoz, A., Barceló-Muñoz, M., & Gago-Calderon, A. (2021). Effect of LED Lighting on Physical Environment and Microenvironment on *In Vitro* Plant Growth and Morphogenesis: The Need to Standardize Lighting Conditions and Their Description. *Plants*, 11(1), 60. <https://doi.org/10.3390/plants11010060>
10. Batista, D. S., Felipe, S. H. S., Silva, T. D., de Castro, K. M., Mamedes-Rodrigues, T. C., Miranda, N. A., Ríos-Ríos, A. M., Faria, D. V., Fortini, E. A., Chagas, K., Torres-Silva, G., Xavier, A., Arencibia, A. D., & Otoni, W. C. (2018). Light quality in plant tissue culture: does it matter? *In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant*, 54(3), 195–215. <https://doi.org/10.1007/s11627-018-9902-5>
11. Bello-Bello, J. J., Martínez-Estrada, E., Caamal-Velásquez, J. H., & Morales-Ramos, V. (2016). Effect of LED light quality on *in vitro* shoot proliferation and growth of vanilla (*Vanilla planifolia* Andrews). *African Journal of Biotechnology*, 15(8), 272–277. <https://doi.org/10.5897/ajb2015.14662>
12. Bello-Bello, J. J., Pérez-Sato, J. A., Cruz-Cruz, C. A., & Martínez-Estrada, E. (2017). Light-Emitting Diodes: Progress in Plant Micropropagation. In E. Jacob-Lopes, L. Q. Zepka, and M. I. Queiroz (Eds.), *Chlorophyll* (pp. 93-103). IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/67913>
13. Beyl, C. A. (2011). PGRs and Their Use in Micropropagation. In R. N. Trigiano & D. J. Gray (Eds.), *Plant Tissue Culture, Development, and Biotechnology*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781439896143>
14. Björnsson, E., & Olsson, R. (1992). Severe hepatic injury associated with the use of germander (*Teucrium chamaedrys*). *Annals of Internal Medicine*, 116(6), 485–486. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/1605427/>
15. Bošnjak Mihovilović, A., Habuš Jerčić, I., Barić, M., Tomaz, I., Prebeg, T., Bekavac, K., & Kereša, S. (2020a). Effect of different light spectra on stomata formation of caper (*Capparis orientalis* Veill.) *in vitro* and *in vivo*. In B. Mioč & I. Širić (Eds.), *55th Croatian and International Symposium on Agriculture, 2020, Proceedings* (pp. 167-171). University of Zagreb, Faculty of Agriculture.
16. Bošnjak Mihovilović, A., Habuš Jerčić, I., Prebeg, T., Tomaz, I., Pavičić, A., Barić, M., & Kereša, S. (2020b). Light Source and Cytokinin Type Affect Multiplication Rate, Chlorophyll Content and Stomata Formation of *Amelanchier alnifolia* Shoots *in Vitro*. *Journal of Central European Agriculture*, 21(4), 826–838. <https://doi.org/10.5513/jcea01/21.4.2909>

17. Bouhouche, N., & Ksiksi, T. (2007). An efficient *in vitro* plant regeneration system for the medicinal plant *Teucrium stocksianum* Boiss. *Plant Biotechnology Reports*, 1(4), 179–184. <https://doi.org/10.1007/s11816-007-0033-4>
18. Budiarto, K. (2010). Spectral quality affects morphogenesis on *Anthurium* plantlet during *in vitro* culture. *AGRIVITA, Journal of Agricultural Science*, 32(3), 234–240.
19. Cardoso, J. C., Sheng Gerald, L. T., & Teixeira da Silva, J. A. (2018). Micropropagation in the Twenty-First Century. In V. M. Loyola-Vargas & N. Ochoa-Alejo (Eds.), *Plant Cell Culture Protocols* (pp. 17–46). Springer, New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-8594-4_2
20. Carvalho, L. S. O., Ozudogru, E. A., Lambardi, M., & Paiva, L. V. (2019). Temporary immersion system for micropropagation of tree species: a bibliographic and systematic review. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 47(2), 615–625. <https://doi.org/10.15835/nbha47111305>
21. Chaimae, S., Hakima, S., Chaimae, R., Wafae, S., Lazraq, A., Lahsen, E. G., Saadia, B., & Ghizlane, E. (2020). Improvement of germination rate and *in vitro* multiplication of *Lavandula angustifolia*. *Journal of Applied Biology & Biotechnology*, 8(2), 52–57. <https://doi.org/10.7324/jabb.2020.80209>
22. Chen, Y.-C., Chang, C., & Lin, H.-L. (2020). Topolins and Red Light Improve the Micropropagation Efficiency of Passion Fruit (*Passiflora edulis* Sims) ‘Tainung No.1.’ *HortScience*, 55(8), 1337–1344. <https://doi.org/10.21273/hortsci15078-20>
23. Cioć, M., Szewczyk, A., Żupnik, M., Kalisz, A., & Pawłowska, B. (2017). LED lighting affects plant growth, morphogenesis and phytochemical contents of *Myrtus communis* L. *in vitro*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, 132(3), 433–447. <https://doi.org/10.1007/s11240-017-1340-2>
24. Cioć, M., Kalisz, A., Żupnik, M., & Pawłowska, B. (2019). Different LED Light Intensities and 6-Benzyladenine Concentrations in Relation to Shoot Development, Leaf Architecture, and Photosynthetic Pigments of *Gerbera jamesonii* Bolus In Vitro. *Agronomy*, 9(7), 358. <https://doi.org/10.3390/agronomy9070358>
25. Cioć, M., Tokarz, K., Dziurka, M., & Pawłowska, B. (2021). Energy-saving LED light affects the efficiency of the photosynthetic apparatus and carbohydrate content in *Gerbera jamesonii* axillary shoots multiplied *in vitro*. *Biology*, 10(10), 1035. <https://doi.org/10.3390/biology10101035>
26. Cirilli, M., Delfino, I., Caboni, E., & Muleo, R. (2017). EpiHRMAssay, in tube and in silico combined approach for the scanning and epityping of heterogeneous DNA

- methylation. *Biology Methods and Protocols*, 2(1).
<https://doi.org/10.1093/biomethods/bpw008>
27. Darouez, H., & Werbrouck, S. P. O. (2024). Red and Far-Red Light Combined with Trans-Cinnamic Acid Enhances *In Vitro* Rooting and Reduces Callus Formation in Lavender. *Horticulturae*, 10(9), 954. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10090954>
 28. Darwesh, H. Y., & Alayafi, A. A. (2018). *In vitro* Propagation Response of *Rosmarinus officinalis* L. to Biotic and Abiotic Elicitors on Phenolic Content and Photosynthetic Pigments. *Journal of Agricultural Science*, 10(2), 301-307. <https://doi.org/10.5539/jas.v10n2p301>
 29. Dewir, Y. H., Chakrabarty, D., Kim, S. J. Hahn, E. J., & Paek, K. Y. (2005). Effect of light-emitting diode on growth and shoot proliferation of *Euphorbia millii* and *Spathiphyllum cannifolium*. *Journal of the Korean Society for Horticultural Science*, 46(6), 375–379. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20063012130>
 30. Ding, Z., Galván-Ampudia, C. S., Demarsy, E., Langowski, Ł., Kleine-Vehn, J., Fan, Y., Morita, M. T., Tasaka, M., Fankhauser, C., Offringa, R., & Friml, J. (2011). Light-mediated polarization of the PIN3 auxin transporter for the phototropic response in *Arabidopsis*. *Nature Cell Biology*, 13(4), 447–452. <https://doi.org/10.1038/ncb2208>
 31. Dong, Y., Wang, R., Li, Z., Qi, C., Liu, B., Duan, R., & Liu, Y. (2012). Callus Induction and Plant Regeneration from Rosemary Leaves. *Bioscience Methods*, 3(3), 21-26. <https://doi.org/10.5376/bm.2012.03.0003>
 32. Durner, E. (2019). Effective Analysis of Interactive Effects with Non-Normal Data Using the Aligned Rank Transform, ARTool and SAS® University Edition. *Horticulturae*, 5(3), 57. <https://doi.org/10.3390/horticulturae5030057>
 33. Dutta Gupta, S., & Agarwal, A. (2017). Influence of LED Lighting on *In Vitro* Plant Regeneration and Associated Cellular Redox Balance. In S. Dutta Gupta (Ed.), *Light Emitting Diodes for Agriculture* (pp. 273–303). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-5807-3_12
 34. Edesi, J., Kotkas, K., Pirttilä, A. M., & Häggman, H. (2014). Does light spectral quality affect survival and regeneration of potato (*Solanum tuberosum* L.) shoot tips after cryopreservation? *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, 119(3), 599–607. <https://doi.org/10.1007/s11240-014-0559-4>
 35. Ellena, M., González, A., & Matamala, L. (2023). The effect of cytokinins on micropropagation of hazelnut (*Corylus avellana* L.) rootstock selection ‘Selfe J.’

- Acta Horticulturae*, 1379, 327–332.
<https://doi.org/10.17660/actahortic.2023.1379.47>
36. Erişen, S., Kurt-Gür, G., & Servi, H. (2020). *In vitro* propagation of *Salvia sclarea* L. by meta-Topolin, and assessment of genetic stability and secondary metabolite profiling of micropropagated plants. *Industrial Crops and Products*, 157, 112892. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112892>
37. Espinosa-Leal, C. A., Puente-Garza, C. A., & García-Lara, S. (2018). *In vitro* plant tissue culture: means for production of biologically active compounds. *Planta*, 248(1), 1–18. <https://doi.org/10.1007/s00425-018-2910-1>
38. European Medicines Agency (EMA). (2010). *Final European Union herbal monograph on Rosmarinus officinalis L., aetheroleum*. https://www.ema.europa.eu/en/documents/herbal-monograph/final-european-union-herbal-monograph-rosmarinus-officinalis-l-aetheroleum-revision-1_en.pdf
39. European Medicines Agency (EMA). (2012). *Assessment report on Lavandula angustifolia Mill., aetheroleum*. https://www.ema.europa.eu/en/documents/herbal-summary/lavender-oil-summary-public_en.pdf
40. Fan, C., Manivannan, A., & Wei, H. (2022). Light Quality-Mediated Influence of Morphogenesis in Micropropagated Horticultural Crops: A Comprehensive Overview. *BioMed Research International*, 2022, 1–11. <https://doi.org/10.1155/2022/4615079>
41. Ferreira, E. B., Cavalcanti, P. P., & Nogueira, D. A. (2011). ExpDes: Experimental Designs Package [dataset] v.1.2.2 (2021-10-05). In *CRAN: Contributed Packages*. The R Foundation. <https://doi.org/10.32614/cran.package.expdes>
42. Ferreira, L. T., de Araújo Silva, M. M., Ulisses, C., Camara, T. R., & Willadino, L. (2016). Using LED lighting in somatic embryogenesis and micropropagation of an elite sugarcane variety and its effect on redox metabolism during acclimatization. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, 128(1), 211–221. <https://doi.org/10.1007/s11240-016-1101-7>
43. Florêncio, M. T., Kreycki, P. F., Jacob, J. F. de O., Ambrosano, G. B., Demétrio, C. A., & Rodrigues, P. H. V. (2024). *In vitro* rhizogenesis of blueberry microcuttings under different LED light spectra. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 59. <https://doi.org/10.1590/s1678-3921.pab2024.v59.03561>
44. Frabetti, M., Gutiérrez-Pesce, P., Mendoza-de Gyves, E., & Rugini, E. (2009). Micropropagation of *Teucrium fruticans* L., an ornamental and medicinal plant. In

- Vitro *Cellular & Developmental Biology - Plant*, 45(2), 129–134.
<https://doi.org/10.1007/s11627-009-9192-z>
45. Gallotte, P., Fremondière, G., Gallois, P., Bernier, J.-P. B., Buchwalder, A., Walton, A., Piasentin, J., & Fopa-Fomeju, B. (2020). *Lavandula angustifolia* Mill. and *Lavandula x intermedia* Emeric ex Loisel: Lavender and Lavandin. In J. Novak & W.-D. Blüthner (Eds.), *Medicinal, Aromatic and Stimulant Plants* (pp. 303-311). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-38792-1_15
46. George, E. F., Hall, M. A., & Klerk, G.-J. D. (Eds.). (2007). *Plant Propagation by Tissue Culture – Volume I. The Background* (3rd Edition). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5005-3>
47. Gil, C.-S., Kwon, S.-J., Jeong, H.-Y., Lee, C., Lee, O.-J., & Eom, S.-H. (2021). Blue Light Upregulates Auxin Signaling and Stimulates Root Formation in Irregular Rooting of Rosemary Cuttings. *Agronomy*, 11(9), 1725. <https://doi.org/10.3390/agronomy11091725>
48. Gnasekaran, P., Rahman, Z. A., Chew, B. L., Appalasamy, S., Mariappan, V., & Subramaniam, S. (2021). Development of micropropagation system of *Zingiber officinale* var. *rubrum* Theilade using different spectrum light-emitting diode (LED) irradiation. *Industrial Crops and Products*, 170, 113748. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.113748>
49. Gök, K. M., Şan, B., & Bayhan, A. K. (2016). Micropropagation of Gerbera (*Gerbera jamesonii* Bolus) under Different Color of Light-Emitting Diodes. *SDÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 20(3), 468. <https://doi.org/10.19113/sdufbed.13860>
50. Grzegorzczak-Karolak, I., Hnatuszko-Konka, K., Zarzycka, M., & Kuźma, Ł. (2020). The Stimulatory Effect of Purine-Type Cytokinins on Proliferation and Polyphenolic Compound Accumulation in Shoot Culture of *Salvia viridis*. *Biomolecules*, 10(2), 178. <https://doi.org/10.3390/biom10020178>
51. Gubišová, M., & Čičová, I. (2023). Multiplication of lavender (*L. angustifolia*) and lavandin (*Lavandula x intermedia*) in explant culture. *Agriculture (Pol'nohospodárstvo)*, 69(1), 1–12. <https://doi.org/10.2478/agri-2023-0001>
52. Hammer, M., & Junghanns, W. (2020). *Rosmarinus officinalis* L.: Rosemary. In J. Novak & W.-D. Blüthner (Eds.), *Medicinal, Aromatic and Stimulant Plants* (pp. 501–521). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-38792-1_15

53. Hamza, A. M., Omaina, M., Abd E.-K., & Kasem, M. M. (2011). Direct micropropagation of English lavender (*Lavandula angustifolia* Munstead) plant. *Journal of Plant Production*, 2(1), 81-96.
https://jpp.journals.ekb.eg/article_85464_76c2a70daac2145b4c7f7cc8587ec801.pdf
54. Hung, C. D., Hong, C.-H., Kim, S.-K., Lee, K.-H., Park, J.-Y., Dung, C. D., Nam, M.-W., Choi, D.-H., & Lee, H.-I. (2016). *In vitro* proliferation and *ex vitro* rooting of microshoots of commercially important rabbiteye blueberry (*Vaccinium ashei* Reade) using spectral lights. *Scientia Horticulturae*, 211, 248–254.
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.09.003>
55. Husain, Z. M. A., & Jawad, L. K. (2019). Effect of some growth regulators on the multiplication and stimulating the production of the volatile oil of *Rosemary officinalis* *in vitro*. *Plant Archives*, 19(1), 1773-1782.
[http://www.plantarchives.org/PDF%2019-1/1773-1782%20\(4743\).pdf](http://www.plantarchives.org/PDF%2019-1/1773-1782%20(4743).pdf)
56. Ioannidis, K., Tomprou, I., Mitsis, V., & Koropouli, P. (2022). Genetic evaluation of *in vitro* micropropagated and regenerated plants of *Cannabis sativa* L. using SSR molecular markers. *Plants*, 11(19), 2569. <https://doi.org/10.3390/plants11192569>
57. Ivanov, P. A., Khabarov, V. A., Nekrasova, D. A., Pivovarova, N. S., Whaley, A. K., & Povydysh, M. N. (2024). Features of Growth and Accumulation of Polyphenolic Compounds in Callus Cultures of *Lavandula angustifolia* Mill. *Russian Journal of Plant Physiology*, 71(3). <https://doi.org/10.1134/s1021443724606001>
58. Jayaprakash, K., Manokari, M., Badhepuri, M. K., Raj, M. C., Dey, A., & Shekhawat, M. S. (2021). Influence of meta-topolin on *in vitro* propagation and foliar micro-morpho-anatomical developments of *Oxystelma esculentum* (L.f.) Sm. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, 147(2), 325–337.
<https://doi.org/10.1007/s11240-021-02126-y>
59. Jeong, B. R., & Sivanesan, I. (2018). Impact of light quality and sucrose on adventitious shoot regeneration and bioactive compound accumulation in *Ajuga multiflora* Bunge. *Scientia Horticulturae*, 236, 222–228.
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.03.056>
60. Kay, M., Elkin, L. A., Higgins, J. J., & Wobbrock, J. O. (2021). ARTool: Aligned Rank Transform [dataset]. In *CRAN: Contributed Packages*. The R Foundation.
<https://doi.org/10.32614/cran.package.artool>
61. Khanam, M. N., Javed, S. B., Anis, M., & Alatar, A. A. (2020). meta-Topolin induced *in vitro* regeneration and metabolic profiling in *Allamanda cathartica* L.

- Industrial Crops and Products*, 145, 111944.
<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111944>
62. Kišgeci, J. (2008). *Ljekovite i aromatične biljke*. Partenon i Srpska književna zadruha, Beograd.
63. Koefender, J., Manfio, C. E., Camera, J. N., Schoffel, A., & Golle, D. P. (2021). Micropropagation of lavender: a protocol for production of plantlets. *Horticultura Brasileira*, 39(4), 404–410. <https://doi.org/10.1590/s0102-0536-20210409>
64. Kostas, S., Kaplani, A., Koulaouzidou, E., Kotoula, A.-A., Gklavakis, E., Tsoulpha, P., Hatzilazarou, S., Nianiou-Obeidat, I., Kanellis, A. K., & Economou, A. (2022). Sustainable Exploitation of Greek *Rosmarinus officinalis* L. Populations for Ornamental Use through Propagation by Shoot Cuttings and *In Vitro* Cultures. *Sustainability*, 14(7), 4059. <https://doi.org/10.3390/su14074059>
65. Kőszeghi, S., Bereczki, C., Balog, A., & Benedek, K. (2014). Comparing the Effects of Benzyladenine and meta-Topolin on Sweet Basil (*Ocimum basilicum*) Micropropagation. *Notulae Scientia Biologicae*, 6(4), 422-427.
<https://doi.org/10.15835/nsb649464>
66. Kulus, D., & Woźny, A. (2020). Influence of light conditions on the morphogenetic and biochemical response of selected ornamental plant species under *in vitro* conditions: a mini-review. *BioTechnologia*, 101(1), 75–83.
<https://doi.org/10.5114/bta.2020.92930>
67. Kumar, A., Kaushal, S., & Sharma, S. (2015). Studies on influence of growth regulators in micropropagation of *Lavandula angustifolia*. *International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology*, 6(2), 73-77.
https://www.researchgate.net/publication/278619863_STUDIES_ON_INFLUENCE_OF_GROWTH_REGULATORS_IN_MICROPROPAGATION_OF_LAVANDULA_ANGUSTIFOLIA
68. Laslo, V., Agud, E. M., & Zăpârțan, M. (2015). The Regenerative and *In Vitro* Multiplication Capacity of Apical Tissue of *Rosmarinus officinalis* L., on Mediums with Low Hormones Content. *Analele Universității din Oradea, Fascicula Protecția Mediului*, 25, 171-180.
https://protmed.uoradea.ro/facultate/publicatii/protecția_mediului/2015A/im/07.%20Laslo%20Vasile%20.pdf
69. Leelavathi, D., Kuppan, Y., & Kuppan, N. (2013). An efficient protocol for *in vitro* aseptic shoot multiplication and plant regeneration of *Rosmarinus officinalis* – An

- Important Medicinal Plant Using axillary bud. *International Journal of Pure & Applied Bioscience*, 1(6), 51-55.
<https://www.ijpab.com/form/2013%20Volume%201,%20issue%206/IJPAB-2013-1-6-51-55.pdf>
70. Leelavathi, D., Raajasubramanian, D., Ramu, L., Haseena, R., Midhila, P., Govinda R. M. V., Lavanya, G., Chetan, H. C., & Kuppan, N. (2020). *Lavandula angustifolia* L. plants regeneration from *in vitro* leaf explants-derived callus as conservation strategy. *Bioteconología Vegetal*, 20(2), 75-82.
<http://scielo.sld.cu/pdf/bvg/v20n2/2074-8647-bvg-20-02-75.pdf>
71. Lenth, R. V. (2017). emmeans: Estimated Marginal Means, aka Least-Squares Means [dataset]. In *CRAN: Contributed Packages*. The R Foundation.
<https://doi.org/10.32614/cran.package.emmeans>
72. Li, H., Tang, C., & Xu, Z. (2013). The effects of different light qualities on rapeseed (*Brassica napus* L.) plantlet growth and morphogenesis *in vitro*. *Scientia Horticulturae*, 150, 117–124. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.10.009>
73. Li, H., Xu, Z., & Tang, C. (2010). Effect of light-emitting diodes on growth and morphogenesis of upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.) plantlets *in vitro*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, 103(2), 155–163.
<https://doi.org/10.1007/s11240-010-9763-z>
74. Li, N.-Y., Tang, H.-R., Ge, C., Mo, F., Xiao, Y.-H., & Luo, Y. (2019). Tissue culture of *Lavandula angustifolia* L. *AIP Conference Proceedings*, 2079, 020014.
<https://doi.org/10.1063/1.5092392>
75. Lim, M.-J., Murthy, H. N., Song, H.-Y., Lee, S.-Y., & Park, S.-Y. (2023). Influence of White, Red, Blue, and Combination of LED Lights on *In Vitro* Multiplication of Shoots, Rooting, and Acclimatization of *Gerbera jamesonii* cv. ‘Shy Pink’ Plants. *Agronomy*, 13(9), 2216. <https://doi.org/10.3390/agronomy13092216>
76. Lin, Y., Li, J., Li, B., He, T., & Chun, Z. (2010). Effects of light quality on growth and development of protocorm-like bodies of *Dendrobium officinale* *in vitro*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, 105(3), 329–335.
<https://doi.org/10.1007/s11240-010-9871-9>
77. Ma, X., Wang, Y., Liu, M., Xu, J., & Xu, Z. (2015). Effects of green and red lights on the growth and morphogenesis of potato (*Solanum tuberosum* L.) plantlets *in vitro*. *Scientia Horticulturae*, 190, 104–109.
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.01.006>

78. Manivannan, A., Soundararajan, P., Halimah, N., Ko, C. H., & Jeong, B. R. (2015). Blue LED light enhances growth, phytochemical contents, and antioxidant enzyme activities of *Rehmannia glutinosa* cultured *in vitro*. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 56(1), 105–113. <https://doi.org/10.1007/s13580-015-0114-1>
79. Manivannan, A., Soundararajan, P., Park, Y. G., Wei, H., Kim, S. H., & Jeong, B. R. (2017). Blue and red light-emitting diodes improve the growth and physiology of *in vitro*-grown carnations ‘Green Beauty’ and ‘Purple Beauty.’ *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 58(1), 12–20. <https://doi.org/10.1007/s13580-017-0051-2>
80. Martínez-Estrada, E., Caamal-Velásquez, J. H., Morales-Ramos, V., & Bello-Bello, J. J. (2016). Light emitting diodes improve *in vitro* shoot multiplication and growth of *Anthurium andreanum* Lind. *Propagation of Ornamental Plants*, 16(1), 3-8. https://www.researchgate.net/publication/299583556_Light_Emitting_Diodes_improve_in_vitro_shoot_multiplication_and_growth_of_Anthurium_andreanum_Lind
81. Mascarello, C., Sacco, E., Pamato, M., Di Silvestro, D., Bassolino, L., Cervelli, C., & Ruffoni, B. (2017). *Rosmarinus officinalis* L.: micropropagation and callus induction for cell biomass development. *Acta Horticulturae*, (1155), 631–636. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2017.1155.92>
82. Melnyk, C. W. (2023). Quantitative regeneration: Skoog and Miller revisited. *Quantitative Plant Biology*, 4, e10. <https://doi.org/10.1017/qpb.2023.9>
83. Miclea, I., & Chifor, R. (2018). Germination, *in vitro* Propagation and Acclimatization in *Lavandula Angustifolia*. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Animal Science and Biotechnologies*, 75(2), 105. <https://doi.org/10.15835/buasvmcn-asb:2018.0017>
84. Misra, P., & Chaturvedi, H. C. (1984). Micropropagation of *Rosmarinus officinalis* L. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 3(2), 163–168. <https://doi.org/10.1007/bf00033737>
85. Mitrofanova, I. V., Chirkov, S. N., Lesnikova-Sedoshenko, N. P., Chelombit, S. V., Zakubanskiy, A. V., Rabotyagov, V. D., & Mitrofanova, O. V. (2017). Micropropagation of *Lavandula angustifolia* Mill. ‘Record’ and ‘Belyanka.’ *Acta Horticulturae*, 1187, 37–42. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2017.1187.4>
86. Mitrofanova, I. V., Lesnikova-Sedoshenko, N. P., Chelombit, S. V., Zhdanova, I. V., Ivanova, N. N., & Mitrofanova, O. V. (2022). The effect of plant growth regulators on the *in vitro* regeneration capacity in some horticultural crops and rare endangered

- plant species. *Acta Horticulturae*, 1339, 181–190.
<https://doi.org/10.17660/actahortic.2022.1339.24>
87. Muleo, R., & Morini, S. (2008). Physiological dissection of blue and red light regulation of apical dominance and branching in M9 apple rootstock growing in vitro. *Journal of Plant Physiology*, 165(17), 1838–1846.
<https://doi.org/10.1016/j.jplph.2008.01.007>
88. Murashige, T., & Skoog, F. (1962). A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*, 15(3), 473–497.
<https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x>
89. Muslihatin, W., Wibowo, A. T., & Manuhara, Y. S. W. (2024). Effect of light and cytokinin on growth and curculin gene expression of *Curculigo latifolia* on in vitro culture. *Brazilian Journal of Biology*, 84, e280778. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.280778>
90. Nacheva, L., Dimitrova, N., & Berova, M. (2022). Effect of LED lighting on the growth of micropropagated pear plantlets (*Pyrus communis* L. OHF 333). *Acta Horticulturae*, 1337, 9–16. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2022.1337.2>
91. Nacheva, L., Dimitrova, N., Koleva-Valkova, L., Tarakanov, I., & Vassilev, A. (2023). Effect of LED lighting on the rooting of micropropagated raspberry (*Rubus idaeus* L.) plants. *Acta Horticulturae*, 1359, 113–122.
<https://doi.org/10.17660/actahortic.2023.1359.13>
92. National Center for Biotechnology Information (NCBI). (2019). *Teucrium chamaedrys* (germander), hepatotoxicity. In *LiverTox: Clinical and Research Information on Drug-Induced Liver Injury*. National Institute of Diabetes and Digestive and Kidney Diseases. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK548282/>
93. Nhut, D. T., Tung, H. T., & Tanaka, M. (2018). Enhanced Growth and Development of *Cymbidium* and *Phalenopsis* Plantlets Cultured In Vitro Under Led-Emitting Diodes. In Y. Lee & E.C. Yeung (Eds.), *Orchid Propagation: From Laboratories to Greenhouses – Methods and Protocols*. Springer Science+Business Media, LLC.
94. Nowakowska, K., Kowalczyk, K., Pawelczak, A., & Gajc-Wolska, J. (2023). Energy Efficiency of LEDs during Micropropagation of *Helleborus* ‘Molly’s White.’ *Agriculture*, 13(6), 1265. <https://doi.org/10.3390/agriculture13061265>
95. Pandey, R.N., Rastogi, J., Sharma, M.L., & Singh, R.K. (2011). Technologies for cost reduction in sugarcane micropropagation. *African Journal of Biotechnology*,

- 10(40),7805-7813.
https://academicjournals.org/article/article1380723847_Pandey%20et%20al.pdf
96. Papafotiou, M., & Martini, A. N. (2016). *In Vitro* Seed and Clonal Propagation of the Mediterranean Aromatic and Medicinal Plant *Teucrium capitatum*. *HortScience*, 51(4), 403–411. <https://doi.org/10.21273/hortsci.51.4.403>
97. Papafotiou, M., Vlachou, G., & Martini, A. N. (2023). Investigation of the Effects of the Explant Type and Different Plant Growth Regulators on Micropropagation of Five Mediterranean *Salvia* spp. Native to Greece. *Horticulturae*, 9(1), 96. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9010096>
98. Pawłowska, B., Żupnik, M., Szewczyk-Taranek, B., & Cioć, M. (2018). Impact of LED light sources on morphogenesis and levels of photosynthetic pigments in *Gerbera jamesonii* grown *in vitro*. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 59(1), 115–123. <https://doi.org/10.1007/s13580-018-0012-4>
99. Peçanha, D. A., Moro Peña, J. Á., Freitas, M. S. M., Chourak, Y., & Urrestarazu, M. (2023). Effect of light spectra on stem cutting rooting and lavender growth. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 45, e58864. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v45i1.58864>
100. Podwyszyńska, M., Orlikowska, T., Trojak-Goluch, A., & Wojtania, A. (2022). Application and Improvement of *In Vitro* Culture Systems for Commercial Production of Ornamental, Fruit, and Industrial Plants in Poland. *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 91, 914. <https://doi.org/10.5586/asbp.914>
101. Prerostova, S., Dobrev, P. I., Gaudinova, A., Knirsch, V., Körber, N., Pieruschka, R., Fiorani, F., Brzobohatý, B., černý, M., Spichal, L., Humplik, J., Vanek, T., Schurr, U., & Vankova, R. (2018). Cytokinins: Their Impact on Molecular and Growth Responses to Drought Stress and Recovery in *Arabidopsis*. *Frontiers in Plant Science*, 9. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00655>
102. R Core Team (2025). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
103. Razavi, S. M., Servi, S., Peynevandi, K. M., Ghasemian, A., & Nasrollahi, P. (2019). Callus formation, regeneration and volatile constituents in *Teucrium chamaedrys*. *Journal of Plant Processes and Function*, 8(31), 57-61. <https://jispp.iut.ac.ir/article-1-994-en.pdf>
104. Sakr, S. S., Amin, A. Y., El-Mefay, A., & Eid, N. M. (2018). *In Vitro* comparative study on *Rosmarinus officinalis* L. cultivars. *Middle East Journal of Agriculture*

- Research, 7(3), 703-715. <https://www.curreweb.com/mejar/mejar/2018/703-715.pdf>
105. Schindelin, J., Arganda-Carreras, I., Frise, E., Kaynig, V., Longair, M., Pietzsch, T., Preibisch, S., Rueden, C., Saalfeld, S., Schmid, B., Tinevez, J.-Y., White, D. J., Hartenstein, V., Eliceiri, K., Tomancak, P., & Cardona, A. (2012). Fiji: an open-source platform for biological-image analysis. *Nature Methods*, 9(7), 676–682. <https://doi.org/10.1038/nmeth.2019>
106. Seabrook, J. E. A. (2005). Light effects on the growth and morphogenesis of potato (*Solanum tuberosum*) in vitro: A review. *American Journal of Potato Research*, 82(5), 353–367. <https://doi.org/10.1007/bf02871966>
107. Silva, M. M. A., de Oliveira, A. L. B., Oliveira-Filho, R. A., Gouveia-Neto, A. S., Camara, T. J. R., & Willadino, L. G. (2014). Effect of blue/red LED light combination on growth and morphogenesis of *Saccharum officinarum* plantlets in vitro. In D. L. Rakas, D. V. Nicolau, & R. C. Leif (Eds.), *Imaging, Manipulation, and Analysis of Biomolecules, Cells, and Tissues XII, Proceedings of SPIE Vol. 8947*. SPIE. <https://doi.org/10.1117/12.2036200>
108. Sota, V., Themeli, S., Zekaj, Z., & Kongjika, E. (2019). Exogenous Cytokinins Application Induces Changes in Stomatal and Glandular Trichomes Parameters in Rosemary Plants Regenerated In Vitro. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 9(1), 25–28. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.2019.9.1.25-28>
109. Taiz, L., & Zeiger, E. (2002). *Plant physiology, 3rd edition* (pp. 375-402). Sinauer Associates.
110. Vardanyan, A., Mairapetyan, S., Tadevosyan, A., Asatryan, A., Matevosyan, A., & Ghalachyan, L. (2025). Pharmacochemical investigation of *Rosmarinus officinalis* L. cultivated by clonal micropropagation and hydroponic combined method. *Functional Foods in Health and Disease*, 15(1), 19–29. <https://doi.org/10.31989/ffhd.v15i1.1526>
111. Viršilė, A., Olle, M., & Duchovskis, P. (2017). LED Lighting in Horticulture. In S. Dutta Gupta (Ed.), *Light Emitting Diodes for Agriculture* (pp. 113–147). Springer International. https://doi.org/10.1007/978-981-10-5807-3_7
112. Wai, M. M., Lorch-Schierning, E., Perera, A., & Baghalian, K. (2024). Enhancing lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.) propagation in vertical farming system: Investigating the impact of LED red-to-blue ratios and subsequent post-potting

growth dynamics. *Industrial Crops and Products*, 219, 119107.

<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2024.119107>

113. Werbrouck, S. P. O. (2021). Meta-topolin and Related Cytokinins as a Solution to Some *In Vitro* Problems. In N. Ahmad & M. Strnad (Eds.), *Meta-Topolin: A Growth Regulator for Plant Biotechnology and Agriculture* (pp. 85–91). Springer International. https://doi.org/10.1007/978-981-15-9046-7_9
114. Werbrouck, S. P. O., Strnad, M., Van Onckelen, H. A., & Debergh, P. C. (1996). Meta-topolin, an alternative to benzyladenine in tissue culture? *Physiologia Plantarum*, 98(2), 291–297. <https://doi.org/10.1034/j.1399-3054.1996.980210.x>
115. Werbrouck, S., Buyle, H., Geelen, D., & Van Labeke, M. C. (2012). Effect of Red-, Far-Red- and Blue-Light-Emitting Diodes on *In Vitro* Growth of *Ficus benjamina*. *Acta Horticulturae*, 961, 533–538. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2012.961.70>
116. Wobbrock, J. O., Findlater, L., Gergle, D., & Higgins, J. J. (2011). The aligned rank transform for nonparametric factorial analyses using only ANOVA procedures. *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 143–146. <https://doi.org/10.1145/1978942.1978963>
117. Yahya, M. A., Tunali, F., Killi, D., & Sökmen, A. (2024). Phenolic Profile and Volatiles of in vitro Propagated *Lavandula angustifolia* Mill. Seedlings. *Phyton*, 93(3), 427–444. <https://doi.org/10.32604/phyton.2024.046271>
118. Yegorova, N., Kruglova, N., Galin, I., & Stavtzeva, I. (2020). Induction of morphogenesis in the callus culture of *Lavandula angustifolia* Mill. *BIO Web of Conferences*, 24, 00098. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20202400098>
119. Žikić, S., Tobić, D., & Žikić, G. (2014). *Enciklopedija lekovitog bilja i pečuraka*. Pi-press Books, Niš.

PRILOG 1 - Rezultati višestrukih poređenja tretmana sa testom značajnih razlika

P1.1. Lavanda (*Lavandula angustifolia* Mill.)

Tabela P1.1.1. Rezultati višestrukih poređenja tretmana prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za prosječnu svježu masu eksplantata lavande (*Lavandula angustifolia* Mill.).

Svjetlo/ Biljni regulatori rasta	F						CP						C						P									
	MS-0	MB-1	MB-2	MB-3	MT-1	MT-2	MT-3	MS-0	MB-1	MB-2	MB-3	MT-1	MT-2	MT-3	MS-0	MB-1	MB-2	MB-3	MT-1	MT-2	MT-3	MS-0	MB-1	MB-2	MB-3	MT-1	MT-2	MT-3
F	MS-0	—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MB-1	ns	—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MB-2	ns	—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MB-3	ns	ns	—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MT-1	ns	ns	ns	ns	—	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	*	****	ns	*	****	****	ns	****	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CP	MT-2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	****	ns	ns	ns	*	ns	**	****	ns	**	****	****	ns	****	****	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MT-3	ns	ns	ns	ns	—	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	*	****	ns	*	****	****	ns	**	****	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MS-0	ns	ns	ns	ns	****	ns	—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	****
	MB-1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*
	MB-2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C	MB-3	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MT-1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MT-2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MT-3	ns	ns	ns	ns	****	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	****
	MS-0	ns	ns	ns	ns	****	ns	ns	ns	****	ns	ns	ns	ns	—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
P	MB-1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MB-2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MB-3	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MT-1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	****	ns	*	****	****	ns	****	****	ns	ns	ns	—	ns	ns
	MT-2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
—	MT-3	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	****	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	—

ns – razlika nije statistički značajna; * – razlika statistički značajna ($p < 0,05$); ** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,01$); *** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,001$).

F – fluorescentno svjetlo, CP – crveno + plavo LED svjetlo [1:1], C – crveno LED svjetlo, P – plavo LED svjetlo. MS-0 – 0,1 mg/L NAA; MB-1 – 0,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; MB-2 – 1,0 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; MB-3 – 1,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; MT-1 – 0,5 mg/L NAA; MT-2 – 1,0 mg/L NAA; MT-3 – 1,5 mg/L NAA.

Tabela P1.1.2. Rezultati višestrukih poređenja tretmana prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za prosječnu suhu masu eksplantata lavande (*Lavandula angustifolia* Mill.).

Svjetlo/ Biljni regulatori rasta	F					CP					C					P						
	MS-0	MB-1	MB-2	MB-3	MT-1	MT-2	MT-3	MS-0	MB-1	MB-2	MB-3	MT-1	MT-2	MT-3	MS-0	MB-1	MB-2	MB-3	MT-1	MT-2	MT-3	
F	MS-0	—	***	***	***	*	NS	NS	NS	***	***	***	***	***	NS	NS	NS	***	NS	*	***	NS
	MB-1	***	—	NS	*	NS	NS	***	***	NS	*	NS	NS	NS	***	NS	NS	***	NS	NS	***	NS
	MB-2	***	NS	—	NS	NS	***	***	***	NS	NS	NS	***	***	NS	NS	NS	NS	***	NS	NS	NS
	MB-3	***	*	NS	—	NS	***	***	***	NS	NS	NS	***	***	NS	NS	NS	NS	NS	***	NS	NS
	MT-1	***	NS	NS	NS	—	NS	***	***	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	MT-2	*	NS	***	NS	NS	NS	***	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
CP	MT-3	NS	***	***	***	***	—	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	MS-0	NS	***	***	***	***	NS	—	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	MB-1	NS	***	***	***	NS	NS	NS	—	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	MB-2	***	NS	NS	NS	NS	***	***	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	MB-3	***	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	MT-1	***	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
C	MT-2	***	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	MT-3	***	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	MS-0	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	MB-1	NS	NS	NS	NS	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	MB-2	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	MB-3	***	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
P	MT-1	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	MT-2	*	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	MT-3	***	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	MS-0	NS	***	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	MB-1	**	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS
	MB-2	***	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS

 ns – razlika nije statistički značajna; * – razlika statistički značajna ($p < 0,05$); ** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,01$); *** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,001$).

F – fluorescentno svjetlo, CP – crveno + plavo LED svjetlo [1:1], C – crveno LED svjetlo, P – plavo LED svjetlo, MS-0 – 0,1 mg/L NAA; MB-1 – 0,5 mg/L NAA; MB-2 – 1,0 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; MB-3 – 1,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; MT-1 – 0,5 mg/L NAA; MT-2 – 1,0 mg/L NAA; MT-3 – 1,5 mg/L NAA; MT-3 – 1,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA.

Tabela P1.1.3. Rezultati višestrukih poređenja tretmana prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za prosječan broj novih izdanaka na eksplantatima lavande (*Lavandula angustifolia* Mill.).

Svjetlo/ Biljni regulatori rasta							F			CP			C						P													
							MS-0	MB-1	MB-2	MB-3	MT-1	MT-2	MT-3	MS-0	MB-1	MB-2	MB-3	MT-1	MT-2	MT-3	MS-0	MB-1	MB-2	MB-3	MT-1	MT-2	MT-3	MS-0	MB-1	MB-2	MB-3	MT-1
F	MS-0	—	ns	*	***	***	***	ns	ns	ns	ns	***	***	***	ns	***	***	ns	***	***	***	***	ns	***	ns	***	ns	ns	***			
	MB-1	ns	—	ns	***	***	***	ns	ns	ns	ns	***	***	***	ns	***	ns	***	***	***	***	***	ns	ns	ns	*	ns	ns	***			
	MB-2	*	ns	—	***	***	***	ns	ns	ns	ns	***	***	***	ns	***	ns	***	***	***	***	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	***			
	MB-3	***	***	***	—	***	ns	***	***	***	***	ns	***	***	ns	***	ns	***	ns	***	ns	ns	***	***	***	***	***	***	ns	***		
CP	MT-1	***	ns	ns	***	—	ns	***	***	***	*	ns	ns	ns	ns	ns	***	***	***	***	ns	***	***	***	ns	ns	ns	***	***	***		
	MT-2	***	***	***	***	ns	—	ns	***	***	***	***	ns	ns	ns	ns	***	ns	ns	ns	ns	***	***	***	ns	ns	ns	***	***	***		
	MT-3	***	***	***	***	—	ns	***	***	***	***	***	ns	ns	ns	ns	***	ns	ns	ns	ns	***	***	***	ns	ns	ns	***	***	***		
	MS-0	ns	**	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	ns	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***		
	MB-1	ns	ns	ns	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	ns	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***		
	MB-2	ns	ns	ns	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	ns	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***		
	MB-3	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	ns	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***		
C	MT-1	***	***	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
	MT-2	***	***	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
	MT-3	***	***	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
	MS-0	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
	MB-1	***	***	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
	MB-2	***	***	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
	MB-3	***	***	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	
P	MT-1	***	***	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MT-2	***	***	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MT-3	***	***	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MS-0	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MB-1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MB-2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MB-3	***	*	ns	***	***	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns – razlika nije statistički značajna; * – razlika statistički značajna ($p < 0,05$); ** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,01$); *** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,001$).

F – fluorescentno svjetlo, CP – crveno + plavo LED svjetlo [1:1], C – crveno LED svjetlo, P – plavo LED svjetlo, MS-0 – 0,1 mg/L NAA; MB-1 – 0,5 mg/L NAA; MB-2 – 1,0 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; MB-3 – 1,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; MT-1 – 0,5 mg/L NAA; MT-2 – 1,0 mg/L NAA; MT-3 – 1,5 mg/L NAA; MT – 1,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA.

Tabela P1.1.4. Rezultati višestrukih poređenja tretmana prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za prosječnu dužinu izdanaka na eksplantatima lavande (*Lavandula angustifolia* Mill.).

Svjetlo/ Biljni regulatori rasta	F						CP						C						P									
	MS-0	MB-1	MB-2	MB-3	MT-1	MT-2	MT-3	MS-0	MB-1	MB-2	MB-3	MT-1	MT-2	MT-3	MS-0	MB-1	MB-2	MB-3	MT-1	MT-2	MT-3	MS-0	MB-1	MB-2	MB-3	MT-1	MT-2	MT-3
	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
F	MS-0	—	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MB-1	***	—	ns	ns	**	***	ns	***	***	***	ns	***	***	***	***	***	***	***	***	***	*	ns	ns	ns	ns	***	***
	MB-2	***	ns	—	ns	ns	***	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	***	***	***	***	***	***	***	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MB-3	***	ns	ns	—	ns	**	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	***	***	***	***	***	***	***	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MT-1	***	ns	ns	ns	—	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	***	***	***	***	***	***	***	***	ns	ns	ns	*	ns	ns
	MT-2	***	**	ns	ns	ns	—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	***	***	***	***	***	***	***	***	***	ns	ns	ns	ns	ns
CP	MT-3	***	***	***	***	***	—	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	***	***	ns	ns	ns	ns	ns
	MS-0	***	ns	ns	ns	ns	***	—	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	***	***	ns	ns	ns	ns	ns
	MB-1	***	ns	ns	ns	ns	***	ns	—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	***	***	ns	ns	*	ns	ns
	MB-2	***	***	*	ns	ns	ns	*	ns	—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	***	***	ns	ns	ns	ns	ns
	MB-3	***	***	***	*	ns	ns	ns	ns	ns	—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	***	***	ns	ns	ns	*	ns
	MT-1	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	—	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	***	***	ns	ns	ns	ns	ns
C	MT-2	***	***	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	***	***	ns	ns	ns	ns	ns
	MT-3	***	***	***	***	***	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	***	***	ns	ns	ns	ns	ns
	MS-0	***	***	***	***	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	***	***	ns	ns	ns	ns	ns
	MB-1	***	***	***	***	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	—	ns	ns	ns	ns	ns	***	***	ns	ns	ns	ns	ns
	MB-2	***	***	***	***	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	—	ns	ns	ns	ns	***	***	ns	ns	ns	ns	ns
	MB-3	***	***	***	***	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	—	ns	ns	ns	***	***	ns	ns	ns	ns	ns
P	MT-1	***	***	***	***	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	—	ns	ns	***	***	ns	ns	ns	ns	ns
	MT-2	***	***	***	***	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	—	ns	***	***	ns	ns	ns	ns	ns
	MT-3	***	***	***	***	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	—	***	***	ns	ns	ns	ns	ns
	MS-0	ns	*	***	***	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	—	ns	***	***	ns	ns	ns
	MB-1	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	—	ns	***	***	ns	ns
	MB-2	***	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	—	ns	ns	ns	ns
P	MB-3	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	—	ns	ns	ns
	MT-1	*	ns	ns	ns	*	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	—	ns	ns	ns
	MT-2	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MT-3	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	—
	MS-0	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MB-1	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

 ns – razlika nije statistički značajna; * – razlika statistički značajna ($p < 0,05$); ** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,01$); *** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,001$).

F – fluorescentno svjetlo, CP – crveno + plavo LED svjetlo, P – plavo LED svjetlo, MS-0 – 0,1 mg/L NAA; MB-1 – 0,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; MB-2 – 1,0 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; MB-3 – 1,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; MT-1 – 0,5 mg/L NAA; MT-2 – 1,0 mg/L NAA; MT-3 – 1,5 mg/L NAA; 0,1 mg/L NAA.

Tabela P1.1.5. Rezultati višestrukih poređenja tretmana prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za prosječan broj nodusa na eksplantatima lavande (*Lavandula angustifolia* Mill.).

Svjetlo/ Biljni regulatori rasta	F					CP					C					P					
	MS-0	MB-1	MB-2	MB-3	MT-1	MT-2	MT-3	MS-0	MB-1	MB-2	MB-3	MT-1	MT-2	MT-3	MS-0	MB-1	MB-2	MB-3	MT-1	MT-2	MT-3
F	MS-0	—	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MB-1	***	—	ns	ns	***	***	ns	***	***	***	***	***	***	***	ns	***	***	***	***	***
	MB-2	***	ns	—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	***	ns	ns	***	***	ns	ns	***	ns	ns	ns
	MB-3	***	ns	ns	—	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	***	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MT-1	***	ns	ns	ns	—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	***	***	*	ns	ns	ns	ns	ns
	MT-2	***	***	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	***	***	***	ns	ns	ns	ns	ns
	MT-3	***	***	ns	ns	ns	—	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	***	ns	ns	ns	ns	ns
CP	MS-0	***	ns	ns	ns	ns	***	—	ns	***	***	ns	***	***	***	ns	ns	***	ns	ns	*
	MB-1	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	—	ns	**	ns	ns	***	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MB-2	***	***	ns	*	ns	ns	***	ns	ns	ns	ns	ns	***	***	***	*	ns	ns	ns	ns
	MB-3	***	***	ns	ns	ns	ns	***	***	ns	ns	ns	ns	***	***	***	***	ns	ns	ns	ns
	MT-1	***	ns	ns	ns	ns	ns	***	ns	ns	***	ns	ns	***	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MT-2	***	***	ns	ns	ns	ns	***	ns	ns	ns	ns	ns	***	***	***	ns	ns	ns	ns	ns
	MT-3	***	***	***	***	***	ns	***	***	ns	ns	ns	ns	***	***	***	***	***	***	***	ns
C	MS-0	***	ns	ns	ns	ns	***	ns	ns	ns	***	ns	ns	***	***	ns	ns	***	ns	ns	***
	MB-1	***	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	***	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MB-2	***	***	ns	ns	*	ns	***	*	ns	ns	ns	ns	***	***	***	ns	ns	ns	ns	ns
	MB-3	***	***	***	***	***	ns	***	***	ns	*	ns	ns	***	***	***	***	ns	***	*	ns
	MT-1	***	***	ns	ns	ns	ns	***	ns	ns	ns	—	ns	ns	***	***	ns	ns	ns	ns	ns
	MT-2	***	***	ns	ns	ns	ns	***	ns	ns	ns	ns	—	ns	***	***	ns	ns	ns	ns	ns
	MT-3	***	***	***	***	***	ns	***	***	***	ns	ns	ns	—	***	***	***	*	***	***	*
P	MS-0	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	—	***	***	***	***	***	***
	MB-1	***	ns	ns	ns	ns	***	ns	ns	***	***	***	***	***	***	—	ns	*	ns	ns	ns
	MB-2	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	***	***	ns	—	ns	ns	ns	ns
	MB-3	***	***	ns	ns	ns	ns	***	ns	ns	ns	ns	ns	*	***	*	ns	—	ns	ns	ns
	MT-1	***	ns	ns	ns	ns	ns	***	ns	ns	***	ns	ns	***	***	ns	ns	ns	—	ns	ns
	MT-2	***	**	ns	ns	ns	ns	***	ns	ns	ns	ns	ns	**	***	ns	ns	ns	ns	—	ns
	MT-3	***	***	ns	ns	ns	ns	***	ns	ns	ns	ns	ns	*	***	ns	ns	ns	ns	ns	—

 ns – razlika nije statistički značajna; * – razlika statistički značajna ($p < 0,05$); ** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,01$); *** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,001$).

F – fluorescentno svjetlo, CP – crveno + plavo LED svjetlo [1:1], C – crveno LED svjetlo, P – plavo LED svjetlo, MS-0 – 0,1 mg/L NAA; MB-1 – 0,5 mg/L NAA; MB-2 – 1,0 mg/L NAA; MB-3 – 1,5 mg/L NAA; MT-1 – 0,5 mg/L NAA; MT-2 – 1,0 mg/L NAA; MT-3 – 1,5 mg/L NAA; MS-0 – 0,1 mg/L NAA.

Tabela P1.1.6. Rezultati višestrukih poređenja izvora svjetlosti prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za procenat *in vitro* ukorjenjavanja eksplantata lavande (*Lavandula angustifolia* Mill.).

Svjetlo	F	CP	C	P
F	—	*	*	***
CP	*	—	***	ns
C	*	***	—	***
P	***	ns	***	—

ns – razlika nije statistički značajna; * – razlika statistički značajna ($p < 0,05$); ** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,01$); *** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,001$).

F – fluorescentno svjetlo, CP – crveno + plavo LED svjetlo [1:1], C – crveno LED svjetlo, P – plavo LED svjetlo.

Tabela P1.1.7. Rezultati višestrukih poređenja biljnih regulatora rasta prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za procenat *in vitro* ukorjenjavanja eksplantata lavande (*Lavandula angustifolia* Mill.).

Biljni regulatori rasta	MKB-0	MKB-1	MKB-2	MKB-3	MKM-0	MKM-1	MKM-2	MKM-3
MKB-0	—	*	***	***	ns	***	***	***
MKB-1	*	—	ns	***	ns	ns	***	***
MKB-2	***	ns	—	ns	***	ns	ns	***
MKB-3	***	***	ns	—	***	ns	ns	ns
MKM-0	ns	ns	***	***	—	***	***	***
MKM-1	***	ns	ns	ns	***	—	ns	***
MKM-2	***	***	ns	ns	***	ns	—	ns
MKM-3	***	***	***	ns	***	***	ns	—

ns – razlika nije statistički značajna; * – razlika statistički značajna ($p < 0,05$); ** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,01$); *** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,001$).

MKB-0 – 0,1 mg/L 6-BAP; MKB-1 – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L IBA; MKB-2 – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,3 mg/L IBA; MKB-3 – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,5 mg/L IBA; MKM-0 – 0,1 mg/L mT; MKM-1 – 0,1 mg/L mT + 0,1 mg/L IBA; MKM-2 – 0,1 mg/L mT + 0,3 mg/L IBA; MKM-3 – 0,1 mg/L mT + 0,5 mg/L IBA.

Tabela P1.1.8. Rezultati višestrukih poređenja izvora svjetlosti prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za prosječan broj korjenova na ukorijenjenim eksplantatima lavande (*Lavandula angustifolia* Mill.).

Svjetlo	F	CP	C	P
F	—	ns	***	ns
CP	ns	—	***	ns
C	***	***	—	***
P	ns	ns	***	—

ns – razlika nije statistički značajna; * – razlika statistički značajna ($p < 0,05$); ** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,01$); *** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,001$).

F – fluorescentno svjetlo, CP – crveno + plavo LED svjetlo [1:1], C – crveno LED svjetlo, P – plavo LED svjetlo.

Tabela P1.1.9. Rezultati višestrukih poređenja biljnih regulatora rasta prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za prosječan broj korjenova na ukorijenjenim eksplantatima lavande (*Lavandula angustifolia* Mill.).

Biljni regulatori rasta	MKB-0	MKB-1	MKB-2	MKB-3	MKM-0	MKM-1	MKM-2	MKM-3
MKB-0	—	ns	ns	**	*	*	***	**
MKB-1	ns	—	ns	ns	ns	ns	ns	ns
MKB-2	ns	ns	—	ns	ns	ns	ns	ns
MKB-3	**	ns	ns	—	ns	ns	ns	ns
MKM-0	*	ns	ns	ns	—	ns	ns	ns
MKM-1	*	ns	ns	ns	ns	—	ns	ns
MKM-2	***	ns	ns	ns	ns	ns	—	ns
MKM-3	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns	—

ns – razlika nije statistički značajna; * – razlika statistički značajna ($p < 0,05$); ** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,01$); *** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,001$).

MKB-0 – 0,1 mg/L 6-BAP; MKB-1 – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L IBA; MKB-2 – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,3 mg/L IBA; MKB-3 – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,5 mg/L IBA; MKM-0 – 0,1 mg/L mT; MKM-1 – 0,1 mg/L mT + 0,1 mg/L IBA; MKM-2 – 0,1 mg/L mT + 0,3 mg/L IBA; MKM-3 – 0,1 mg/L mT + 0,5 mg/L IBA.

Tabela P1.1.10. Rezultati višestrukih poređenja izvora svjetlosti prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za prosječnu dužinu korijena na ukorijenjenim eksplantatima lavande (*Lavandula angustifolia* Mill.).

Svjetlo	F	CP	C	P
F	—	*	***	*
CP	*	—	***	ns
C	***	***	—	***
P	*	ns	***	—

ns – razlika nije statistički značajna; * – razlika statistički značajna ($p < 0,05$); ** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,01$); *** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,001$).

F – fluorescentno svjetlo, CP – crveno + plavo LED svjetlo [1:1], C – crveno LED svjetlo, P – plavo LED svjetlo.

Tabela P1.1.11. Rezultati višestrukih poređenja biljnih regulatora rasta prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za prosječnu dužinu korijena na ukorijenjenim eksplantatima lavande (*Lavandula angustifolia* Mill.).

Biljni regulatori rasta	MKB-0	MKB-1	MKB-2	MKB-3	MKM-0	MKM-1	MKM-2	MKM-3
MKB-0	—	**	***	***	ns	***	***	***
MKB-1	**	—	ns	***	ns	**	***	***
MKB-2	***	ns	—	***	*	**	***	***
MKB-3	***	***	***	—	***	ns	ns	***
MKM-0	ns	ns	*	***	—	***	***	***
MKM-1	***	**	**	ns	***	—	ns	***
MKM-2	***	***	***	ns	***	ns	—	***
MKM-3	***	***	***	***	***	***	***	—

ns – razlika nije statistički značajna; * – razlika statistički značajna ($p < 0,05$); ** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,01$); *** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,001$).

MKB-0 – 0,1 mg/L 6-BAP; MKB-1 – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L IBA; MKB-2 – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,3 mg/L IBA; MKB-3 – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,5 mg/L IBA; MKM-0 – 0,1 mg/L mT; MKM-1 – 0,1 mg/L mT + 0,1 mg/L IBA; MKM-2 – 0,1 mg/L mT + 0,3 mg/L IBA; MKM-3 – 0,1 mg/L mT + 0,5 mg/L IBA.

Tabela P1.1.12. Rezultati višestrukih poređenja izvora svjetlosti prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za stopu preživljavanja ukorijenjenih eksplantata lavande (*Lavandula angustifolia* Mill.) u *ex vitro* uslovima.

Svjetlo	F	CP	C	P
F	—	***	***	*
CP	***	—	***	***
C	***	***	—	***
P	*	***	***	—

ns – razlika nije statistički značajna; * – razlika statistički značajna ($p < 0,05$); ** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,01$); *** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,001$).

F – fluorescentno svjetlo, CP – crveno + plavo LED svjetlo [1:1], C – crveno LED svjetlo, P – plavo LED svjetlo.

Tabela P1.1.13. Rezultati višestrukih poređenja biljnih regulatora rasta prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za stopu preživljavanja ukorijenjenih eksplantata lavande (*Lavandula angustifolia* Mill.) u *ex vitro* uslovima.

Biljni regulatori rasta	MKB-0	MKB-1	MKB-2	MKB-3	MKM-0	MKM-1	MKM-2	MKM-3
MKB-0	—	ns	**	***	ns	***	***	***
MKB-1	ns	—	ns	***	ns	ns	***	***
MKB-2	**	ns	—	**	ns	ns	**	***
MKB-3	***	***	**	—	***	ns	ns	ns
MKM-0	ns	ns	ns	***	—	ns	***	***
MKM-1	***	ns	ns	ns	ns	—	ns	*
MKM-2	***	***	**	ns	***	ns	—	ns
MKM-3	***	***	***	ns	***	*	ns	—

ns – razlika nije statistički značajna; * – razlika statistički značajna ($p < 0,05$); ** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,01$); *** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,001$).

MKB-0 – 0,1 mg/L 6-BAP; MKB-1 – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L IBA; MKB-2 – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,3 mg/L IBA; MKB-3 – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,5 mg/L IBA; MKM-0 – 0,1 mg/L mT; MKM-1 – 0,1 mg/L mT + 0,1 mg/L IBA; MKM-2 – 0,1 mg/L mT + 0,3 mg/L IBA; MKM-3 – 0,1 mg/L mT + 0,5 mg/L IBA.

P1.2. Ruzmarin (*Rosmarinus officinalis* L.)Tabela P1.2.1. Rezultati višestrukih poređenja tretmana prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za prosječnu svježu masu eksplantata ruzmarina (*Rosmarinus officinalis* L.).

Svjetlo/ Biljni regulatori rasta	F				CP				C				P								
	MS-0	MB-1	MB-2	MB-3	MT-1	MT-2	MT-3	MS-0	MB-1	MB-2	MB-3	MT-1	MT-2	MT-3	MS-0	MB-1	MB-2	MB-3	MT-1	MT-2	MT-3
F	MS-0	—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MB-1	ns	—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MB-2	ns	ns	—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MB-3	ns	ns	ns	—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MT-1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	*	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns
CP	MT-2	ns	ns	ns	ns	—	ns	***	ns	ns	ns	*	ns	**	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MT-3	ns	ns	ns	ns	ns	—	**	ns	ns	ns	ns	ns	*	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MS-0	ns	ns	ns	ns	ns	***	—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MB-1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MB-2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	—	ns	ns	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C	MB-3	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MT-1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MT-2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	—	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MT-3	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MS-0	ns	ns	ns	ns	ns	***	ns	ns	**	ns	ns	ns	ns	—	ns	ns	ns	ns	ns	ns
P	MB-1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MB-2	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns
	MB-3	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MT-1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MT-2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns – razlika nije statistički značajna; * – razlika statistički značajna ($p < 0,05$); ** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,01$); *** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,001$).
F – fluorescentno svjetlo, CP – crveno + plavo LED svjetlo, P – plavo LED svjetlo, MS-0 – 0,1 mg/L NAA; MB-1 – 0,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; MB-2 – 1,0 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; MB-3 – 1,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; MT-1 – 0,5 mg/L NAA; MT-2 – 1,0 mg/L NAA; MT-3 – 1,5 mg/L NAA.

Tabela P1.2.2. Rezultati višestrukih poređenja tretmana prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za prosječnu suhu masu eksplantata ruzmarina (*Rosmarinus officinalis* L.).

Svjetlo/ Biljni regulatori rasta	F					CP					C					P					
	MS-0	MB-1	MB-2	MB-3	MT-1	MT-2	MT-3	MS-0	MB-1	MB-2	MB-3	MT-1	MT-2	MT-3	MS-0	MB-1	MB-2	MB-3	MT-1	MT-2	MT-3
F	MS-0	—	ns	ns	ns	ns	ns	***	ns	ns	ns	*	ns	**	***	*	***	***	ns	ns	ns
	MB-1	ns	—	ns	ns	ns	ns	***	**	ns	*	***	**	***	***	***	ns	ns	ns	ns	ns
	MB-2	ns	ns	—	ns	ns	ns	***	ns	ns	ns	**	ns	**	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MB-3	ns	ns	ns	—	ns	ns	***	ns	ns	ns	*	***	**	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MT-1	ns	ns	ns	ns	—	ns	***	***	***	***	***	***	***	***	*	ns	ns	ns	ns	ns
	MT-2	ns	ns	ns	ns	ns	—	***	***	***	***	***	***	***	***	*	ns	ns	ns	ns	ns
CP	MT-3	ns	ns	ns	ns	ns	—	***	***	***	***	***	***	***	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MS-0	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	*	ns	ns	***	***	***	***
	MB-1	ns	**	ns	ns	***	***	***	ns	—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	***	***
	MB-2	ns	ns	ns	ns	***	***	***	ns	ns	—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**	*
	MB-3	ns	*	ns	ns	***	***	***	ns	ns	ns	—	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	***	***
	MT-1	*	***	***	***	***	***	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	***	***	***	***
C	MT-2	ns	**	ns	ns	***	***	***	ns	ns	ns	ns	ns	—	ns	ns	ns	*	ns	***	***
	MT-3	**	***	***	***	***	***	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	***	***	***	***
	MS-0	***	***	***	***	***	***	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	***	***	***	***	***	***	***
	MB-1	*	***	***	***	***	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	***	***	***	***
	MB-2	***	***	***	***	***	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	***	***	***	***	***	***	***
	MB-3	***	***	***	***	***	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	***	***	***	***	***	***	***
P	MT-1	*	***	*	***	***	***	***	ns	ns	ns	—	ns	ns	ns	ns	ns	***	*	***	***
	MT-2	***	***	***	***	***	***	***	ns	ns	ns	ns	—	ns	ns	ns	***	***	***	***	***
	MT-3	***	***	***	***	***	***	***	ns	ns	ns	ns	ns	—	***	***	***	***	***	***	***
	MS-0	ns	ns	ns	ns	*	*	***	ns	ns	ns	ns	***	***	—	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MB-1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	***	ns	ns	ns	ns	***	***	***	—	ns	ns	ns	ns	ns
	MB-2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	***	ns	ns	ns	ns	***	***	ns	ns	—	ns	ns	ns	ns
P	MB-3	ns	ns	ns	ns	ns	ns	***	***	***	***	***	***	***	ns	ns	ns	—	ns	ns	ns
	MT-1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	***	***	***	***	***	***	***	ns	ns	ns	ns	—	ns	ns
	MT-2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	***	***	***	***	***	***	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MT-3	ns	ns	ns	ns	ns	ns	***	***	***	***	***	***	***	ns	ns	ns	ns	ns	—	ns
	MS-0	ns	ns	ns	ns	ns	ns	***	***	***	***	***	***	***	*	ns	ns	ns	ns	ns	—
	MT-3	ns	ns	ns	ns	ns	ns	***	***	***	***	***	***	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	—

ns – razlika nije statistički značajna; * – razlika statistički značajna ($p < 0,05$); ** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,01$); *** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,001$).

F – fluorescentno svjetlo, CP – crveno + plavo LED svjetlo [1:1], C – crveno LED svjetlo, P – plavo LED svjetlo. MS-0 – 0,5 mg/L NAA; MB-1 – 0,1 mg/L NAA; MB-2 – 1,0 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; MB-3 – 1,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; MT-1 – 0,5 mg/L NAA; MT-2 – 1,0 mg/L NAA; MT-3 – 1,5 mg/L NAA; MT + 0,1 mg/L NAA.

Tabela P1.2.3. Rezultati višestrukih poređenja tretmana prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za prosječan broj novih izdanaka na eksplantatima ruzmarina (*Rosmarinus officinalis* L.).

Svjetlo/ Biljni regulatori rasta	F					CP					C					P						
	MS-0	MB-1	MB-2	MB-3	MT-1	MT-2	MT-3	MS-0	MB-1	MB-2	MB-3	MT-1	MT-2	MT-3	MS-0	MB-1	MB-2	MB-3	MT-1	MT-2	MT-3	
F	MS-0	—	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MB-1	***	—	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MB-2	***	***	—	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MB-3	***	***	***	—	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MT-1	***	***	***	***	—	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MT-2	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
CP	MT-3	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MS-0	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MB-1	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MB-2	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MB-3	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MT-1	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
C	MT-2	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MT-3	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MS-0	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MB-1	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MB-2	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MB-3	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P	MT-1	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MT-2	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MT-3	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MS-0	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MB-1	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MB-2	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***

 ns – razlika nije statistički značajna; * – razlika statistički značajna ($p < 0,05$); ** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,01$); *** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,001$).

F – fluorescentno svjetlo, CP – crveno + plavo LED svjetlo [1:1], C – crveno LED svjetlo, P – plavo LED svjetlo, MS-0 – 0,1 mg/L NAA; MB-1 – 0,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; MB-2 – 1,0 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; MB-3 – 1,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; MT-1 – 0,5 mg/L NAA; MT-2 – 1,0 mg/L NAA; MT-3 – 1,5 mg/L NAA; MT-3 – 1,5 mg/L NAA.

Tabela P1.2.4. Rezultati višestrukih poređenja tretmana prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za prosječnu dužinu izdanaka na eksplantatima ružmarina (*Rosmarinus officinalis* L.).

Svjetlo/ Biljni regulatori rasta	F				CP				C				P								
	MS-0	MB-1	MB-2	MB-3	MT-1	MT-2	MT-3	MS-0	MB-1	MB-2	MB-3	MT-1	MT-2	MT-3	MS-0	MB-1	MB-2	MB-3	MT-1	MT-2	MT-3
F	MS-0	—	ns	ns	***	ns	ns	***	***	***	***	ns	***	***	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MB-1	ns	—	ns	ns	ns	ns	***	***	***	***	ns	ns	ns	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MB-2	*	ns	ns	ns	ns	ns	***	***	***	***	***	ns	ns	***	***	ns	ns	ns	***	ns
	MB-3	ns	ns	—	ns	ns	ns	***	***	***	***	ns	ns	ns	ns	***	ns	ns	ns	ns	ns
CP	MT-1	***	ns	ns	—	ns	ns	***	***	***	ns	***	***	ns	***	***	***	*	***	***	*
	MT-2	ns	ns	—	ns	ns	ns	***	***	***	ns	***	*	ns	***	***	ns	ns	ns	***	ns
	MT-3	ns	ns	ns	ns	ns	ns	***	***	***	ns	***	ns	ns	ns	***	ns	ns	ns	***	ns
	MS-0	***	***	***	***	***	***	***	***	***	ns	***	***	***	***	***	ns	ns	ns	***	ns
C	MB-1	***	***	***	***	***	***	***	***	***	ns	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MB-2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	***	***	***	ns	ns	ns	ns	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MB-3	***	ns	ns	ns	ns	ns	***	***	***	ns	***	*	ns	***	***	*	***	***	***	*
	MT-1	ns	**	***	***	***	***	***	***	***	ns	***	***	***	***	ns	ns	*	ns	ns	*
P	MT-2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	***	***	***	ns	***	—	***	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MT-3	***	**	ns	ns	ns	ns	***	***	***	ns	***	***	—	***	***	ns	ns	ns	ns	ns
	MS-0	ns	***	***	***	***	***	***	ns	ns	*	ns	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MB-1	ns	ns	*	ns	ns	ns	***	***	***	ns	ns	ns	ns	***	***	***	***	***	***	***
P	MB-2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	***	***	***	ns	*	ns	***	***	***	—	ns	ns	ns	ns
	MB-3	ns	ns	ns	ns	ns	ns	***	***	***	ns	ns	ns	ns	***	***	ns	—	ns	ns	ns
	MT-1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	***	***	***	ns	ns	ns	ns	***	***	ns	ns	—	ns	ns
	MT-2	ns	ns	***	***	***	***	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	***	ns	ns	ns	ns	—	ns
P	MT-3	ns	ns	ns	ns	ns	ns	***	***	***	ns	*	ns	***	***	ns	ns	ns	ns	ns	—
	MS-0	ns	ns	ns	ns	ns	ns	***	***	***	ns	***	ns	***	***	***	***	***	***	***	***

 ns – razlika nije statistički značajna; * – razlika statistički značajna ($p < 0,05$); ** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,01$); *** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,001$).

F – fluorescentno svjetlo, CP – crveno + plavo LED svjetlo [1:1], C – crveno LED svjetlo, P – plavo LED svjetlo, MS-0 – 0,1 mg/L NAA; MB-1 – 0,5 mg/L NAA; MB-2 – 1,0 mg/L NAA; MB-3 – 1,5 mg/L NAA; MT-1 – 0,5 mg/L NAA; MT-2 – 1,0 mg/L NAA; MT-3 – 1,5 mg/L NAA; MT-3 – 1,5 mg/L NAA; MT-3 – 1,5 mg/L NAA.

Tabela P1.2.5. Rezultati višestrukih poređenja tretmana prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za prosječan broj nodusa na eksplantatima ružmarina (*Rosmarinus officinalis* L.).

Svjetlo/ Biljni regulatori rasta	F					CP					C					P					
	MS-0	MB-1	MB-2	MB-3	MT-1	MT-2	MT-3	MS-0	MB-1	MB-2	MB-3	MT-1	MT-2	MT-3	MS-0	MB-1	MB-2	MB-3	MT-1	MT-2	MT-3
	—	ns	ns	*	**	ns	ns	ns	*	***	***	**	**	***	ns	ns	ns	***	ns	**	***
F	MS-0	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MB-1	—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	***	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MB-2	ns	—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MB-3	*	ns	—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	***	***	ns
	MT-1	**	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	***	***	***	*
CP	MT-2	ns	ns	—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MT-3	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MS-0	ns	ns	ns	ns	ns	ns	—	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MB-1	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*
	MB-2	***	***	ns	ns	ns	ns	*	ns	—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C	MB-3	**	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MT-1	**	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MT-2	***	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MT-3	***	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MS-0	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
P	MB-1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	—	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MB-2	ns	ns	ns	*	***	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	—	ns	ns	ns	ns
	MB-3	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	—	ns	ns	ns
	MT-1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	—	ns	ns
	MT-2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	—	ns
MT-3	ns	ns	ns	*	**	ns	ns	*	***	***	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	—	

ns – razlika nije statistički značajna; * – razlika statistički značajna ($p < 0,05$); ** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,01$); *** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,001$).

F – fluorescentno svjetlo, CP – crveno + plavo LED svjetlo [1:1], C – crveno LED svjetlo, P – plavo LED svjetlo. MS-0 – 0,1 mg/L NAA; MB-1 – 0,5 mg/L NAA; MB-2 – 1,0 mg/L NAA; MB-3 – 1,5 mg/L NAA; MT-1 – 0,5 mg/L NAA; MT-2 – 1,0 mg/L NAA; MT-3 – 1,5 mg/L NAA; MS-0 – 0,1 mg/L NAA.

Tabela P1.2.6. Rezultati višestrukih poređenja izvora svjetlosti prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za procenat *in vitro* ukorjenjavanja eksplantata ruzmarina (*Rosmarinus officinalis* L.).

Svjetlo	F	CP	C	P
F	—	***	ns	***
CP	***	—	***	***
C	ns	***	—	***
P	***	***	***	—

ns – razlika nije statistički značajna; * – razlika statistički značajna ($p < 0,05$); ** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,01$); *** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,001$).

F – fluorescentno svjetlo, CP – crveno + plavo LED svjetlo [1:1], C – crveno LED svjetlo, P – plavo LED svjetlo.

Tabela P1.2.7. Rezultati višestrukih poređenja biljnih regulatora rasta prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za procenat *in vitro* ukorjenjavanja eksplantata ruzmarina (*Rosmarinus officinalis* L.).

Biljni regulatori rasta	MKB-0	MKB-1	MKB-2	MKB-3	MKM-0	MKM-1	MKM-2	MKM-3
MKB-0	—	*	**	***	ns	ns	**	***
MKB-1	*	—	ns	ns	**	ns	ns	ns
MKB-2	**	ns	—	ns	***	*	ns	ns
MKB-3	***	ns	ns	—	***	***	ns	ns
MKM-0	ns	**	***	***	—	ns	**	***
MKM-1	ns	ns	*	***	ns	—	ns	**
MKM-2	**	ns	ns	ns	**	ns	—	ns
MKM-3	***	ns	ns	ns	***	**	ns	—

ns – razlika nije statistički značajna; * – razlika statistički značajna ($p < 0,05$); ** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,01$); *** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,001$).

MKB-0 – 0,1 mg/L 6-BAP; MKB-1 – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L IBA; MKB-2 – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,3 mg/L IBA; MKB-3 – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,5 mg/L IBA; MKM-0 – 0,1 mg/L mT; MKM-1 – 0,1 mg/L mT + 0,1 mg/L IBA; MKM-2 – 0,1 mg/L mT + 0,3 mg/L IBA; MKM-3 – 0,1 mg/L mT + 0,5 mg/L IBA.

Tabela P1.2.8. Rezultati višestrukih poređenja tretmana prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za prosječan broj korjenova na ukorijenjenim eksplantatima ruzmarina (*Rosmarinus officinalis* L.).

Svjetlo/ Biljni regulatori rasta	F				CP				C				P			
	MKB-0	MKB-1	MKB-2	MKB-3	MKB-0	MKB-1	MKB-2	MKB-3	MKB-0	MKB-1	MKB-2	MKB-3	MKB-0	MKB-1	MKB-2	MKB-3
F	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
P	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
P	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns – razlika nije statistički značajna; * – razlika statistički značajna ($p < 0,05$); ** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,01$); *** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,001$).

F – fluorescentno svjetlo, CP – crveno + plavo LED svjetlo [1:1], C – crveno LED svjetlo, P – plavo LED svjetlo. MKB-0 – 0,1 mg/L 6-BAP; MKB-1 – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L IBA; MKB-2 – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,3 mg/L IBA; MKB-3 – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,5 mg/L IBA; MKM-0 – 0,1 mg/L mT; MKM-1 – 0,1 mg/L mT + 0,1 mg/L IBA; MKM-2 – 0,1 mg/L mT + 0,3 mg/L IBA; MKM-3 – 0,1 mg/L mT + 0,5 mg/L IBA.

ns – razlika nije statistički značajna; * – razlika statistički značajna ($p<0,05$); ** – razlika statistički visoko značajna ($p<0,01$); *** – razlika statistički visoko značajna ($p<0,001$).

ns – razlika nije statistički značajna; * – razlika statistički značajna ($p < 0,05$); ** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,01$); *** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,001$).

Tabela P1.2.10. Rezultati višestrukih poređenja tretmana prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za prosječnu stopu preživljavanja ukorijenjenih biljaka ruzmarina (*Rosmarinus officinalis* L.).

Svjetlo/ Biljni regulatori rasta	F				CP				C				P			
	MKB-0	MKB-1	MKB-2	MKB-3	MKM-0	MKM-1	MKM-2	MKM-3	MKB-0	MKB-1	MKB-2	MKB-3	MKM-0	MKM-1	MKM-2	MKM-3
F	MKB-0	–	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKB-1	ns	–	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKB-2	ns	ns	–	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKB-3	ns	ns	ns	–	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKM-0	ns	ns	ns	ns	–	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKM-1	ns	ns	ns	ns	ns	–	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKM-2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	–	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKM-3	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	–	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKB-0	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	–	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKB-1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	–	ns	ns	ns	ns	ns
C	MKB-2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	–	ns	ns	ns	ns
	MKB-3	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	–	ns	ns	ns
	MKM-0	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	–	ns	ns
	MKM-1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	–	ns
	MKM-2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	–
	MKM-3	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	–
	MKB-0	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	–
	MKB-1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	–
	MKB-2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	–
	MKB-3	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	–
P	MKB-0	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	–
	MKB-1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	–
	MKB-2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	–
	MKB-3	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	–
	MKM-0	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	–
	MKM-1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	–
	MKM-2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	–
	MKM-3	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	–
	MKB-0	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	–
	MKB-1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	–

ns – razlika nije statistički značajna; * – razlika statistički značajna ($p < 0,05$); ** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,01$); *** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,001$).

F – fluorescentno svjetlo, CP – crveno + plavo LED svjetlo, P – plavo LED svjetlo, MKB-0 – 0,1 mg/L 6-BAP; MKB-1 – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L IBA; MKB-2 – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,3 mg/L IBA; MKB-3 – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,5 mg/L IBA; MKM-0 – 0,1 mg/L mT; MKM-1 – 0,1 mg/L mT + 0,1 mg/L IBA; MKM-2 – 0,1 mg/L mT + 0,3 mg/L IBA; MKM-3 – 0,1 mg/L mT + 0,5 mg/L IBA.

P1.3. Podubica (*Teucrium chamaedrys* L.)Tabela P1.3.1. Rezultati višestrukih poređenja tretmana prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za prosječnu svježu masu eksplantata podubice (*Teucrium chamaedrys* L.).

Svjetlo/ Biljni regulatori rasta	F					CP					C					P					
	MS-0	MB-1	MB-2	MB-3	MT-1	MT-2	MT-3	MS-0	MB-1	MB-2	MB-3	MT-1	MT-2	MT-3	MS-0	MB-1	MB-2	MB-3	MT-1	MT-2	MT-3
F	MS-0	—	***	***	***	***	***	ns	***	***	***	***	***	***	***	***	ns	***	***	***	***
	MB-1	***	—	***	***	*	ns	***	***	***	***	***	***	**	***	***	ns	ns	***	***	***
	MB-2	***	***	—	***	***	***	***	ns	ns	***	***	***	***	***	***	***	ns	***	***	***
	MB-3	***	***	***	—	***	***	***	ns	ns	*	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MT-1	***	*	***	***	—	ns	***	***	***	***	ns	ns	ns	***	*	ns	ns	ns	ns	ns
CP	MT-2	***	ns	***	***	ns	—	***	***	***	***	ns	ns	ns	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MT-3	***	ns	***	***	ns	ns	***	***	***	***	ns	ns	ns	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MS-0	***	***	***	***	***	—	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MB-1	***	***	***	***	***	***	***	—	ns	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MB-2	***	***	***	***	***	***	***	ns	*	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
C	MT-1	***	***	***	***	ns	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MT-2	***	***	***	***	ns	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MT-3	***	***	***	***	ns	ns	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MS-0	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MB-1	ns	***	***	***	*	***	***	***	***	***	***	***	***	ns	***	***	***	***	***	***
P	MB-2	ns	***	***	***	ns	***	***	***	***	***	ns	ns	ns	***	***	***	***	ns	ns	ns
	MB-3	ns	***	***	***	ns	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MT-1	ns	***	***	***	ns	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	*	ns	ns
	MT-2	***	***	***	***	ns	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MT-3	***	***	***	***	ns	ns	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	ns	***	***

ns – razlika nije statistički značajna; * – razlika statistički značajna ($p < 0,05$); ** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,01$); *** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,001$).
 F – fluorescentno svjetlo, CP – crveno + plavo LED svjetlo [1:1], C – crveno LED svjetlo, P – plavo LED svjetlo. MS-0 – 0,1 mg/L NAA; MB-1 – 0,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; MB-2 – 1,0 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; MB-3 – 1,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; MT-1 – 0,5 mg/L NAA; MT-2 – 1,0 mg/L NAA; MT-3 – 1,5 mg/L NAA.

Tabela P1.3.2. Rezultati višestrukih poređenja tretmana prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za prosječnu suhu masu eksplantata podubice (*Teucrium chamaedrys* L.)

Svjetlo/ Biljni regulatori rasta	F						CP						C						P										
	MS-0	MB-1	MB-2	MB-3	MT-1	MT-2	MT-3	MS-0	MB-1	MB-2	MB-3	MT-1	MT-2	MT-3	MS-0	MB-1	MB-2	MB-3	MT-1	MT-2	MT-3	MS-0	MB-1	MB-2	MB-3	MT-1	MT-2	MT-3	
F	MS-0	—	***	***	***	***	***	ns	***	***	***	ns	***	***	***	***	ns	***	***	***	ns	ns	***	*	ns	*	ns	ns	***
	MB-1	***	—	ns	*	***	ns	***	ns	ns	ns	***	***	***	***	***	ns	***	ns	***	ns	***	***	***	***	***	***	***	
	MB-2	***	ns	—	***	***	ns	***	ns	ns	ns	***	***	***	***	***	ns	***	ns	***	***	***	***	***	***	***	***	***	
	MB-3	***	ns	ns	***	***	ns	***	ns	ns	ns	***	***	***	***	***	ns	***	ns	***	***	***	***	***	***	***	***	***	
CP	MT-1	***	***	***	—	ns	ns	***	***	***	***	ns	ns	ns	***	***	***	ns	***	***	***	***	ns	ns	ns	*	ns	ns	
	MT-2	***	***	ns	***	ns	ns	***	***	***	***	ns	ns	ns	***	***	***	ns	***	***	***	***	ns	ns	ns	***	ns	***	
	MT-3	***	ns	ns	***	***	ns	***	ns	—	ns	***	***	***	***	***	***	ns	***	***	***	***	ns	ns	ns	***	ns	***	
	MB-1	***	ns	ns	***	***	ns	***	ns	ns	—	***	***	***	***	***	***	ns	***	***	***	***	ns	ns	ns	***	ns	***	
C	MB-2	***	***	***	***	***	***	ns	***	***	***	ns	ns	ns	***	***	***	***	ns	ns	ns	***	***	***	***	ns	ns	***	
	MB-3	***	ns	ns	ns	ns	ns	***	ns	ns	ns	***	***	*	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	*	
	MT-1	ns	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	*	ns	ns	***	***	—	ns	ns	***	***	***	***	***	***	
	MT-2	ns	***	***	***	***	***	ns	***	***	***	ns	ns	ns	***	ns	ns	***	ns	—	ns	ns	***	***	***	***	*	***	
P	MT-3	ns	***	***	***	***	***	ns	***	***	***	*	***	***	***	ns	ns	***	ns	ns	—	ns	***	***	***	ns	***	***	
	MS-0	ns	***	***	***	***	***	ns	***	***	***	*	***	***	***	ns	ns	***	ns	ns	***	***	***	***	***	ns	***	***	
	MB-1	*	***	***	***	ns	ns	ns	***	***	***	ns	ns	***	***	*	***	ns	ns	***	***	***	***	***	ns	ns	***	***	
	MB-2	ns	***	***	***	ns	ns	ns	***	***	***	ns	ns	ns	***	***	***	ns	ns	***	***	***	***	***	ns	ns	ns	***	
	MB-3	*	***	***	***	ns	ns	*	***	***	***	ns	ns	ns	***	***	***	***	***	***	***	***	ns	ns	—	ns	ns	***	
	MT-1	ns	***	***	***	*	***	ns	***	***	***	ns	ns	ns	***	ns	ns	***	***	***	***	ns	ns	ns	ns	—	ns	***	
	MT-2	ns	***	***	***	ns	ns	ns	***	***	***	ns	ns	ns	***	ns	ns	***	***	*	***	ns	ns	ns	ns	—	ns	***	
	MT-3	**	***	***	***	ns	ns	ns	***	***	***	ns	ns	ns	***	***	***	***	***	***	***	***	ns	ns	ns	ns	—	—	

ns – razlika nije statistički značajna; * – razlika statistički značajna ($p < 0,05$); ** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,01$); *** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,001$).

F – fluorescentno svjetlo, CP – crveno + plavo LED svjetlo [1:1], C – crveno LED svjetlo, MS-0 – 0,1 mg/L NAA; MB-1 – 0,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; MB-2 – 1,0 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; MB-3 – 1,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; MT-1 – 0,5 mg/L NAA; MT-2 – 1,0 mg/L NAA; MT-3 – 1,5 mg/L NAA; MT – 0,1 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA.

Tabela P1.3.3. Rezultati višestrukih poređenja tretmana prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za prosječan broj novih izdanaka na eksplantatima podubice (*Teucrium chamaedrys* L.).

Svjetlo/ Biljni regulatori rasta	F					CP					C					P					
	MS-0	MB-1	MB-2	MB-3	MT-1	MT-2	MT-3	MS-0	MB-1	MB-2	MB-3	MT-1	MT-2	MT-3	MS-0	MB-1	MB-2	MB-3	MT-1	MT-2	MT-3
F	MS-0	—	***	***	***	***	***	*	***	***	***	***	***	***	ns	***	***	***	***	***	***
	MB-1	***	—	*	***	ns	ns	***	ns	***	***	ns	ns	ns	***	***	ns	ns	*	ns	ns
	MB-2	***	*	—	ns	***	*	***	***	ns	*	***	***	ns	***	***	***	ns	***	***	***
	MB-3	***	***	ns	—	***	***	***	***	ns	ns	***	***	*	***	***	***	ns	***	***	***
	MT-1	***	ns	***	***	—	ns	ns	ns	***	***	ns	ns	*	***	ns	ns	***	ns	ns	ns
CP	MT-2	***	***	***	***	—	ns	ns	ns	***	***	ns	ns	ns	***	***	ns	ns	ns	ns	ns
	MT-3	***	***	***	ns	ns	***	***	***	—	ns	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MB-2	***	***	ns	*	***	***	***	***	ns	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MB-3	***	***	***	ns	***	***	***	***	ns	—	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MT-1	***	ns	***	***	ns	ns	***	ns	ns	***	—	ns	ns	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C	MT-2	***	***	***	***	ns	ns	ns	ns	***	***	ns	ns	—	***	ns	ns	***	***	***	***
	MT-3	***	***	***	***	ns	ns	**	ns	***	***	ns	ns	***	***	ns	ns	***	ns	ns	ns
	MS-0	ns	***	***	***	***	***	ns	***	***	***	***	***	***	ns	ns	***	***	ns	***	***
	MB-1	***	ns	ns	ns	ns	ns	***	ns	*	***	ns	***	***	***	***	ns	ns	***	*	***
	MB-2	***	*	ns	ns	***	***	***	***	***	ns	***	***	***	***	***	***	ns	***	***	***
P	MB-3	***	***	***	***	***	***	***	***	***	ns	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MT-1	***	ns	***	***	ns	ns	ns	ns	ns	***	—	ns	***	***	ns	ns	*	ns	ns	ns
	MT-2	***	ns	ns	*	ns	ns	***	ns	ns	***	***	—	ns	***	ns	ns	***	***	***	***
	MT-3	***	ns	***	***	ns	ns	*	ns	***	***	***	***	***	***	***	ns	ns	***	ns	ns
	MS-0	ns	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	—	***	***	***	***	***	***

ns – razlika nije statistički značajna; * – razlika statistički značajna ($p < 0,05$); ** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,01$); *** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,001$).

F – fluorescentno svjetlo, CP – crveno + plavo LED svjetlo [1:1], C – crveno LED svjetlo, P – plavo LED svjetlo, MS-0 – 0,1 mg/L NAA; MB-1 – 0,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; MB-2 – 1,0 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; MB-3 – 1,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; MT-1 – 0,5 mg/L NAA; MT-2 – 1,0 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; MT-3 – 1,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA.

Tabela P1.3.4. Rezultati višestrukih poređenja tretmana prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za prosječnu dužinu izdanaka na eksplantatima podubice (*Teucrium chamaedrys* L.).

Svjetlo/ Biljni regulatori rasta	F				CP				C				P								
	MS-0	MB-1	MB-2	MB-3	MT-1	MT-2	MT-3	MS-0	MB-1	MB-2	MB-3	MT-1	MT-2	MT-3	MS-0	MB-1	MB-2	MB-3	MT-1	MT-2	MT-3
F	MS-0	—	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MB-1	—	ns	***	***	***	***	***	ns	***	ns	***	***	***	ns	***	***	***	***	***	***
	MB-2	***	—	ns	ns	***	***	***	ns	***	ns	***	***	***	***	ns	***	***	***	***	***
	MB-3	***	ns	—	ns	***	***	***	ns	***	ns	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
CP	MT-1	***	ns	—	ns	***	***	***	***	ns	***	***	***	***	***	ns	***	***	***	***	***
	MT-2	***	***	—	ns	***	***	***	***	ns	***	***	***	***	***	***	ns	***	***	***	***
	MT-3	***	***	ns	—	ns	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MS-0	*	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
C	MB-1	***	ns	***	ns	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MB-2	***	***	***	ns	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MB-3	***	ns	***	ns	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MT-1	ns	***	***	ns	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P	MT-2	ns	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MT-3	ns	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MS-0	***	ns	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MB-1	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***

ns – razlika nije statistički značajna; * – razlika statistički značajna ($p < 0,05$); ** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,01$); *** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,001$).

F – fluorescentno svjetlo, CP – crveno + plavo LED svjetlo [1:1], C – crveno LED svjetlo, P – plavo LED svjetlo, MS-0 – 0,1 mg/L NAA; MB-1 – 0,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; MB-2 – 1,0 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; MB-3 – 1,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; MT-1 – 0,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; MT-2 – 1,0 mg/L NAA; MT-3 – 1,5 mg/L NAA.

Tabela P1.3.5. Rezultati višestrukih poređenja tretmana prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za prosječan broj nodusa na eksplantatima podubice (*Teucrium chamaedrys* L.).

Svjetlo/ Biljni regulatori rasta	F					CP					C					P					
	MS-0	MB-1	MB-2	MB-3	MT-1	MT-2	MT-3	MS-0	MB-1	MB-2	MB-3	MT-1	MT-2	MT-3	MS-0	MB-1	MB-2	MB-3	MT-1	MT-2	MT-3
	***	***	***	***	***	***	***	*	***	***	***	***	***	***	**	***	***	***	***	***	***
F	MS-0	—	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MB-1	***	—	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MB-2	***	***	—	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MB-3	***	***	***	—	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MT-1	***	***	***	***	—	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
CP	MT-2	***	***	***	***	—	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MT-3	***	***	***	***	***	—	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MS-0	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MB-1	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MB-2	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
C	MB-3	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MT-1	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MT-2	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MT-3	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MS-0	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P	MS-0	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MB-1	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MB-2	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MB-3	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MT-1	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
P	MT-2	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***
	MT-3	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***	***

ns – razlika nije statistički značajna; * – razlika statistički značajna ($p < 0,05$); ** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,01$); *** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,001$).

F – fluorescentno svjetlo, CP – crveno + plavo LED svjetlo, P – plavo LED svjetlo, MS-0 – 0,1 mg/L NAA; MB-1 – 0,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; MB-2 – 1,0 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; MB-3 – 1,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; MT-1 – 0,5 mg/L NAA; MT-2 – 1,0 mg/L NAA; MT-3 – 1,5 mg/L NAA + 0,1 mg/L NAA.

Tabela P1.3.6. Rezultati višestrukih poređenja izvora svjetlosti prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za procenat *in vitro* ukorjenjavanja eksplantata podubice (*Teucrium chamaedrys* L.).

Svjetlo	F	CP	C	P
F	—	***	**	***
CP	***	—	*	ns
C	**	*	—	ns
P	***	ns	ns	—

ns – razlika nije statistički značajna; * – razlika statistički značajna ($p < 0,05$); ** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,01$); *** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,001$).

F – fluorescentno svjetlo, CP – crveno + plavo LED svjetlo [1:1], C – crveno LED svjetlo, P – plavo LED svjetlo.

Tabela P1.3.7. Rezultati višestrukih poređenja biljnih regulatora rasta prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za procenat *in vitro* ukorjenjavanja eksplantata podubice (*Teucrium chamaedrys* L.).

Biljni regulatori rasta	MKB-0	MKB-1	MKB-2	MKB-3	MKM-0	MKM-1	MKM-2	MKM-3
MKB-0	—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	**
MKB-1	ns	—	ns	ns	ns	ns	*	***
MKB-2	ns	ns	—	ns	ns	ns	*	***
MKB-3	ns	ns	ns	—	ns	ns	**	***
MKM-0	ns	ns	ns	ns	—	ns	ns	**
MKM-1	ns	ns	ns	ns	ns	—	ns	ns
MKM-2	ns	*	*	**	ns	ns	—	ns
MKM-3	**	***	***	***	**	ns	ns	—

ns – razlika nije statistički značajna; * – razlika statistički značajna ($p < 0,05$); ** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,01$); *** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,001$).

MKB-0 – 0,1 mg/L 6-BAP; MKB-1 – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,5 mg/L IBA; MKB-2 – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,75 mg/L IBA; MKB-3 – 0,1 mg/L 6-BAP + 1,0 mg/L IBA; MKM-0 – 0,1 mg/L mT; MKM-1 – 0,1 mg/L mT + 0,5 mg/L IBA; MKM-2 – 0,1 mg/L mT + 0,75 mg/L IBA; MKM-3 – 0,1 mg/L mT + 1,0 mg/L IBA.

Tabela P1.3.8. Rezultati višestrukih poređenja tretmana prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za prosječan broj korjenova na ukorijenjenim eksplantatima podbice (*Teucrium chamaedrys* L.).

Svjetlo/ Biljni regulatori rasta	F				CP				C				P			
	MKB-0	MKB-1	MKB-2	MKB-3	MKM-0	MKM-1	MKM-2	MKM-3	MKB-0	MKB-1	MKB-2	MKB-3	MKM-0	MKB-1	MKB-2	MKB-3
F	MKB-0	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKB-1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKB-2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKB-3	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKM-0	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKM-1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKM-2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C	MKB-0	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKB-1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKB-2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKB-3	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKM-0	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKM-1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKM-2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
P	MKB-0	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKB-1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKB-2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKB-3	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKM-0	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKM-1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKM-2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns – razlika nije statistički značajna; * – razlika statistički značajna ($p < 0,05$); ** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,01$); *** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,001$).

F – fluorescentno svjetlo, CP – crveno + plavo LED svjetlo [1:1], C – crveno LED svjetlo, P – plavo LED svjetlo, MKB-0 – 0,1 mg/L 6-BAP; MKB-1 – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,5 mg/L IBA; MKB-2 – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,75 mg/L IBA; MKB-3 – 0,1 mg/L 6-BAP + 1,0 mg/L IBA; MKM-0 – 0,1 mg/L mT; MKM-1 – 0,1 mg/L mT + 0,5 mg/L IBA; MKM-2 – 0,1 mg/L mT + 0,75 mg/L IBA; MKM-3 – 0,1 mg/L mT + 1,0 mg/L IBA.

Tabela P1.3.9. Rezultati višestrukih poređenja tretmana prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za prosječnu dužinu korijena na ukorijenjenim eksplantatima podubice (*Teucrium chamaedrys* L.).

Svjetlo/ Biljni regulatori rasta	F				CP				C				P			
	MKB-0	MKB-1	MKB-2	MKB-3	MKM-0	MKM-1	MKM-2	MKM-3	MKB-0	MKB-1	MKB-2	MKB-3	MKM-0	MKB-1	MKB-2	MKB-3
F	MKB-0	—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKB-1	ns	—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKB-2	ns	ns	—	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKB-3	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKM-0	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKM-1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKM-2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C	MKB-0	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKB-1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKB-2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKB-3	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKM-0	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKM-1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKM-2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
P	MKB-0	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKB-1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKB-2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKB-3	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKM-0	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKM-1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKM-2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns – razlika nije statistički značajna; * – razlika statistički značajna ($p < 0,05$); ** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,01$); *** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,001$).

F – fluorescentno svjetlo, CP – crveno + plavo LED svjetlo [1:1], C – crveno LED svjetlo, P – plavo LED svjetlo, MKB-0 – 0,1 mg/L 6-BAP; MKB-1 – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,5 mg/L IBA; MKB-2 – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,75 mg/L IBA; MKB-3 – 0,1 mg/L 6-BAP + 1,0 mg/L IBA; MKM-0 – 0,1 mg/L IBA; MKM-1 – 0,1 mg/L mT + 0,5 mg/L IBA; MKM-2 – 0,1 mg/L mT + 0,75 mg/L IBA; MKM-3 – 0,1 mg/L mT + 1,0 mg/L IBA.

Tabela P1.3.10. Rezultati višestrukih poređenja tretmana prema Tukijevom testu značajnih razlika ($p < 0,05$) za prosječnu stopu preživljavanja ukorijenjenih biljaka podubice (*Teucrium chamaedrys* L.).

Svjetlo/ Biljni regulatori rasta	F				CP				C				P			
	MKB-0	MKB-1	MKB-2	MKB-3	MKM-0	MKB-1	MKB-2	MKB-3	MKM-0	MKB-1	MKB-2	MKB-3	MKB-0	MKB-1	MKB-2	MKB-3
F	MKB-0	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKB-1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKB-2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKB-3	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKM-0	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKM-1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKM-2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
C	MKB-0	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKB-1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKB-2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKB-3	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKM-0	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKM-1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKM-2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
P	MKB-0	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKB-1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKB-2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKB-3	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKM-0	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKM-1	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
	MKM-2	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

ns – razlika nije statistički značajna; * – razlika statistički značajna ($p < 0,05$); ** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,01$); *** – razlika statistički visoko značajna ($p < 0,001$).

F – fluorescentno svjetlo, CP – crveno + plavo LED svjetlo [1:1], C – crveno LED svjetlo, P – plavo LED svjetlo, MKB-0 – 0,1 mg/L 6-BAP; MKB-1 – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,5 mg/L IBA; MKB-2 – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,75 mg/L IBA; MKB-3 – 0,1 mg/L 6-BAP + 1,0 mg/L IBA; MKM-0 – 0,1 mg/L mT; MKM-1 – 0,1 mg/L mT + 0,5 mg/L IBA; MKM-2 – 0,1 mg/L mT + 0,75 mg/L IBA; MKM-3 – 0,1 mg/L mT + 1,0 mg/L IBA.

PRILOG 2 – Tipične fotografije eksplantata iz eksperimenta

P2.1. Lavanda (*Lavandula angustifolia* Mill.)



MS-0



MB-1



MB-2



MB-3



MT-1



MT-2



MT-3

Slika P2.1.1. Fotografije eksplantata lavande (*Lavandula angustifolia* Mill.) u fazi multiplikacije, uzgajanih pod fluorescentnim svjetlom. **MS-0** – 0,1 mg/L NAA; **MB-1** – 0,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-2** – 1,0 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-3** – 1,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MT-1** – 0,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-2** – 1,0 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-3** – 1,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA.



MS-0



MB-1



MB-2



MB-3



MT-1



MT-2



MT-3

Slika P2.1.2. Fotografije eksplantata lavande (*Lavandula angustifolia* Mill.) u fazi multiplikacije, uzgajanih pod kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla. **MS-0** – 0,1 mg/L NAA; **MB-1** – 0,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-2** – 1,0 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-3** – 1,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MT-1** – 0,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-2** – 1,0 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-3** – 1,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA.



MS-0



MB-1



MB-2



MB-3



MT-1



MT-2



MT-3

Slika P2.1.3. Fotografije eksplantata lavande (*Lavandula angustifolia* Mill.) u fazi multiplikacije, uzgajanih pod crvenim LED svjetlom. **MS-0** – 0,1 mg/L NAA; **MB-1** – 0,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-2** – 1,0 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-3** – 1,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MT-1** – 0,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-2** – 1,0 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-3** – 1,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA.



MS-0



MB-1



MB-2



MB-3



MT-1



MT-2



MT-3

Slika P2.1.4. Fotografije eksplantata lavande (*Lavandula angustifolia* Mill.) u fazi multiplikacije, uzgajanih pod plavim LED svjetlom. **MS-0** – 0,1 mg/L NAA; **MB-1** – 0,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-2** – 1,0 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-3** – 1,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MT-1** – 0,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-2** – 1,0 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-3** – 1,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA.



MKB-0



MKB-1



MKB-2



MKB-3



MKM-0



MKM-1



MKM-2



MKM-3

Slika P2.1.5. Fotografije eksplantata lavande (*Lavandula angustifolia* Mill.) u fazi *in vitro* ukorjenjavanja, uzgajanih pod fluorescentnim svjetlom. **MKB-0** – 0,1 mg/L 6-BAP; **MKB-1** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L IBA; **MKB-2** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,3 mg/L IBA; **MKB-3** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,5 mg/L IBA; **MKM-0** – 0,1 mg/L mT; **MKM-1** – 0,1 mg/L mT + 0,1 mg/L IBA; **MKM-2** – 0,1 mg/L mT + 0,3 mg/L IBA; **MKM-3** – 0,1 mg/L mT + 0,5 mg/L IBA.



MKB-0



MKB-1



MKB-2



MKB-3



MKM-0



MKM-1



MKM-2



MKM-3

Slika P2.1.6. Fotografije eksplantata lavande (*Lavandula angustifolia* Mill.) u fazi *in vitro* ukorjenjavanja, uzgajanih pod kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla. **MKB-0** – 0,1 mg/L 6-BAP; **MKB-1** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L IBA; **MKB-2** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,3 mg/L IBA; **MKB-3** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,5 mg/L IBA; **MKM-0** – 0,1 mg/L mT; **MKM-1** – 0,1 mg/L mT + 0,1 mg/L IBA; **MKM-2** – 0,1 mg/L mT + 0,3 mg/L IBA; **MKM-3** – 0,1 mg/L mT + 0,5 mg/L IBA.



MKB-0



MKB-1



MKB-2



MKB-3



MKM-0



MKM-1



MKM-2



MKM-3

Slika P2.1.7. Fotografije eksplantata lavande (*Lavandula angustifolia* Mill.) u fazi *in vitro* ukorjenjavanja, uzgajanih pod crvenim LED svjetlom. **MKB-0** – 0,1 mg/L 6-BAP; **MKB-1** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L IBA; **MKB-2** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,3 mg/L IBA; **MKB-3** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,5 mg/L IBA; **MKM-0** – 0,1 mg/L mT; **MKM-1** – 0,1 mg/L mT + 0,1 mg/L IBA; **MKM-2** – 0,1 mg/L mT + 0,3 mg/L IBA; **MKM-3** – 0,1 mg/L mT + 0,5 mg/L IBA.



MKB-0



MKB-1



MKB-2



MKB-3



MKM-0



MKM-1



MKM-2



MKM-3

Slika P2.1.8. Fotografije eksplantata lavande (*Lavandula angustifolia* Mill.) u fazi *in vitro* ukorjenjavanja, uzgajanih pod plavim LED svjetlom. **MKB-0** – 0,1 mg/L 6-BAP; **MKB-1** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L IBA; **MKB-2** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,3 mg/L IBA; **MKB-3** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,5 mg/L IBA; **MKM-0** – 0,1 mg/L mT; **MKM-1** – 0,1 mg/L mT + 0,1 mg/L IBA; **MKM-2** – 0,1 mg/L mT + 0,3 mg/L IBA; **MKM-3** – 0,1 mg/L mT + 0,5 mg/L IBA.

P2.2. Ruzmarin (*Rosmarinus officinalis* L.)



MS-0



MB-1



MB-2



MB-3



MT-1



MT-2



MT-3

Slika P2.2.1. Fotografije eksplantata ruzmarina (*Rosmarinus officinalis* L.) u fazi multiplikacije, uzgajanih pod fluorescentnim svjetlom. **MS-0** – 0,1 mg/L NAA; **MB-1** – 0,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-2** – 1,0 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-3** – 1,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MT-1** – 0,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-2** – 1,0 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-3** – 1,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA.



MS-0



MB-1



MB-2



MB-3



MT-1



MT-2



MT-3

Slika P2.2.2. Fotografije eksplantata ruzmarina (*Rosmarinus officinalis* L.) u fazi multiplikacije, uzgajanih pod kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla. **MS-0** – 0,1 mg/L NAA; **MB-1** – 0,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-2** – 1,0 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-3** – 1,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MT-1** – 0,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-2** – 1,0 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-3** – 1,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA.



MS-0



MB-1



MB-2



MB-3



MT-1



MT-2



MT-3

Slika P2.2.3. Fotografije eksplantata ruzmarina (*Rosmarinus officinalis* L.) u fazi multiplikacije, uzgajanih pod crvenim LED svjetlom. **MS-0** – 0,1 mg/L NAA; **MB-1** – 0,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-2** – 1,0 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-3** – 1,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MT-1** – 0,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-2** – 1,0 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-3** – 1,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA.



MS-0



MB-1



MB-2



MB-3



MT-1



MT-2



MT-3

Slika P2.2.4. Fotografije eksplantata ruzmarina (*Rosmarinus officinalis* L.) u fazi multiplikacije, uzgajanih pod plavim LED svjetlom. **MS-0** – 0,1 mg/L NAA; **MB-1** – 0,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-2** – 1,0 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-3** – 1,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MT-1** – 0,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-2** – 1,0 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-3** – 1,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA.



MKB-0



MKB-1



MKB-2



MKB-3



MKM-0



MKM-1



MKM-2



MKM-3

Slika P2.2.5. Fotografije eksplantata ruzmarina (*Rosmarinus officinalis* L.) u fazi *in vitro* ukorjenjavanja, uzgajanih pod fluorescentnim svjetlom. **MKB-0** – 0,1 mg/L 6-BAP; **MKB-1** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L IBA; **MKB-2** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,3 mg/L IBA; **MKB-3** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,5 mg/L IBA; **MKM-0** – 0,1 mg/L mT; **MKM-1** – 0,1 mg/L mT + 0,1 mg/L IBA; **MKM-2** – 0,1 mg/L mT + 0,3 mg/L IBA; **MKM-3** – 0,1 mg/L mT + 0,5 mg/L IBA.



MKB-0



MKB-1



MKB-2



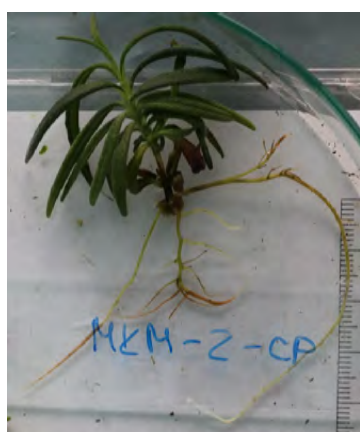
MKB-3



MKM-0



MKM-1



MKM-2



MKM-3

Slika P2.2.6. Fotografije eksplantata ružmarina (*Rosmarinus officinalis* L.) u fazi *in vitro* ukorjenjavanja, uzgajanih pod kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla. **MKB-0** – 0,1 mg/L 6-BAP; **MKB-1** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L IBA; **MKB-2** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,3 mg/L IBA; **MKB-3** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,5 mg/L IBA; **MKM-0** – 0,1 mg/L mT; **MKM-1** – 0,1 mg/L mT + 0,1 mg/L IBA; **MKM-2** – 0,1 mg/L mT + 0,3 mg/L IBA; **MKM-3** – 0,1 mg/L mT + 0,5 mg/L IBA.



MKB-0



MKB-1



MKB-2



MKB-3



MKM-0



MKM-1



MKM-2



MKM-3

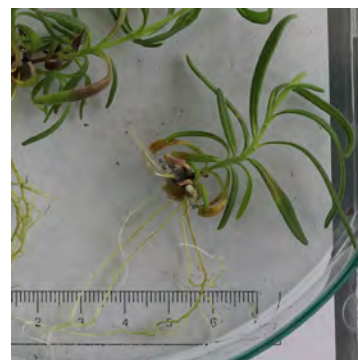
Slika P2.2.7. Fotografije eksplantata ruzmarina (*Rosmarinus officinalis* L.) u fazi *in vitro* ukorjenjavanja, uzgajanih pod crvenim LED svjetlom. **MKB-0** – 0,1 mg/L 6-BAP; **MKB-1** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L IBA; **MKB-2** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,3 mg/L IBA; **MKB-3** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,5 mg/L IBA; **MKM-0** – 0,1 mg/L mT; **MKM-1** – 0,1 mg/L mT + 0,1 mg/L IBA; **MKM-2** – 0,1 mg/L mT + 0,3 mg/L IBA; **MKM-3** – 0,1 mg/L mT + 0,5 mg/L IBA.



MKB-0



MKB-1



MKB-2



MKB-3



MKM-0



MKM-1



MKM-2



MKM-3

Slika P2.2.8. Fotografije eksplantata ruzmarina (*Rosmarinus officinalis* L.) u fazi *in vitro* ukorjenjavanja, uzgajanih pod plavim LED svjetlom. **MKB-0** – 0,1 mg/L 6-BAP; **MKB-1** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L IBA; **MKB-2** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,3 mg/L IBA; **MKB-3** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,5 mg/L IBA; **MKM-0** – 0,1 mg/L mT; **MKM-1** – 0,1 mg/L mT + 0,1 mg/L IBA; **MKM-2** – 0,1 mg/L mT + 0,3 mg/L IBA; **MKM-3** – 0,1 mg/L mT + 0,5 mg/L IBA.

P2.3. Podubica (*Teucrium chamaedrys* L.)



MS-0



MB-1



MB-2



MB-3



MT-1



MT-2



MT-3

Slika P2.3.1. Fotografije eksplantata podubice (*Teucrium chamaedrys* L.) u fazi multiplikacije, uzgajanih pod fluorescentnim svjetlom. **MS-0** – 0,1 mg/L NAA; **MB-1** – 0,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-2** – 1,0 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-3** – 1,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MT-1** – 0,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-2** – 1,0 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-3** – 1,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA.



MS-0



MB-1



MB-2



MB-3



MT-1



MT-2



MT-3

Slika P2.3.2. Fotografije eksplantata podubice (*Teucrium chamaedrys* L.) u fazi multiplikacije, uzgajanih pod kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla. **MS-0** – 0,1 mg/L NAA; **MB-1** – 0,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-2** – 1,0 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-3** – 1,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MT-1** – 0,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-2** – 1,0 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-3** – 1,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA.



MS-0



MB-1



MB-2



MB-3



MT-1



MT-2



MT-3

Slika P2.3.3. Fotografije eksplantata podubice (*Teucrium chamaedrys* L.) u fazi multiplikacije, uzgajanih pod crvenim LED svjetlom. **MS-0** – 0,1 mg/L NAA; **MB-1** – 0,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-2** – 1,0 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-3** – 1,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MT-1** – 0,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-2** – 1,0 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-3** – 1,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA.



MS-0



MB-1



MB-2



MB-3



MT-1



MT-2



MT-3

Slika P2.3.4. Fotografije eksplantata podubice (*Teucrium chamaedrys* L.) u fazi multiplikacije, uzgajanih pod plavim LED svjetlom. **MS-0** – 0,1 mg/L NAA; **MB-1** – 0,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-2** – 1,0 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MB-3** – 1,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA; **MT-1** – 0,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-2** – 1,0 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA; **MT-3** – 1,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA.



MKB-0



MKB-1



MKB-2



MKB-3



MKM-0



MKM-1



MKM-2



MKM-3

Slika P2.3.5. Fotografije eksplantata podubice (*Teucrium chamaedrys* L.) u fazi *in vitro* ukorjenjavanja, uzgajanih pod fluorescentnim svjetlom. **MKB-0** – 0,1 mg/L 6-BAP; **MKB-1** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L IBA; **MKB-2** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,3 mg/L IBA; **MKB-3** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,5 mg/L IBA; **MKM-0** – 0,1 mg/L mT; **MKM-1** – 0,1 mg/L mT + 0,1 mg/L IBA; **MKM-2** – 0,1 mg/L mT + 0,3 mg/L IBA; **MKM-3** – 0,1 mg/L mT + 0,5 mg/L IBA.



MKB-0



MKB-1



MKB-2



MKB-3



MKM-0



MKM-1



MKM-2



MKM-3

Slika P2.3.6. Fotografije eksplantata podubice (*Teucrium chamaedrys* L.) u fazi *in vitro* ukorjenjavanja, uzgajanih pod kombinacijom crvenog i plavog LED svjetla. **MKB-0** – 0,1 mg/L 6-BAP; **MKB-1** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L IBA; **MKB-2** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,3 mg/L IBA; **MKB-3** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,5 mg/L IBA; **MKM-0** – 0,1 mg/L mT; **MKM-1** – 0,1 mg/L mT + 0,1 mg/L IBA; **MKM-2** – 0,1 mg/L mT + 0,3 mg/L IBA; **MKM-3** – 0,1 mg/L mT + 0,5 mg/L IBA.



MKB-0



MKB-1



MKB-2



MKB-3



MKM-0



MKM-1



MKM-2



MKM-3

Slika P2.3.7. Fotografije eksplantata podubice (*Teucrium chamaedrys* L.) u fazi *in vitro* ukorjenjavanja, uzgajanih pod crvenim LED svjetlom. **MKB-0** – 0,1 mg/L 6-BAP; **MKB-1** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L IBA; **MKB-2** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,3 mg/L IBA; **MKB-3** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,5 mg/L IBA; **MKM-0** – 0,1 mg/L mT; **MKM-1** – 0,1 mg/L mT + 0,1 mg/L IBA; **MKM-2** – 0,1 mg/L mT + 0,3 mg/L IBA; **MKM-3** – 0,1 mg/L mT + 0,5 mg/L IBA.



MKB-0



MKB-1



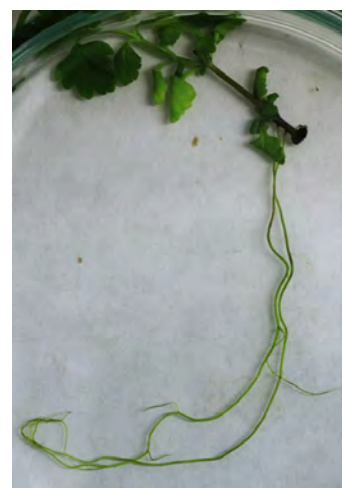
MKB-2



MKB-3



MKM-0



MKM-1



MKM-2



MKM-3

Slika P2.3.8. Fotografije eksplantata podubice (*Teucrium chamaedrys* L.) u fazi *in vitro* ukorjenjavanja, uzgajanih pod plavim LED svjetlom. **MKB-0** – 0,1 mg/L 6-BAP; **MKB-1** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L IBA; **MKB-2** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,3 mg/L IBA; **MKB-3** – 0,1 mg/L 6-BAP + 0,5 mg/L IBA; **MKM-0** – 0,1 mg/L mT; **MKM-1** – 0,1 mg/L mT + 0,1 mg/L IBA; **MKM-2** – 0,1 mg/L mT + 0,3 mg/L IBA; **MKM-3** – 0,1 mg/L mT + 0,5 mg/L IBA.

KRATKA BIOGRAFIJA AUTORA

Jelena (Dragoljub i Milena) Davidović Gidas je rođena 16.03.1983. godine u Gradišci. Osnovnu školu i Gimnaziju (prirodno-matematičko usmjerenje) je završila u Banjoj Luci. Poljoprivredni fakultet na Univerzitetu u Novom Sadu, usmjerenje Hortikultura, je završila 2011. godine i stekla zvanje diplomiranog inženjera poljoprivrede, sa prosječnom ocjenom tokom studija 8,84. Drugi ciklus studija je završila 2015. godine na Poljoprivrednom fakultetu Univerziteta u Banjoj Luci, studijskom programu Biljne nauke, usmjerenju Ukrasne biljke i hortikulturno uređenje prostora, sa prosječnom ocjenom 9,94 i odbranjenim završnim radom pod naslovom „Usklađenost regulatornih okvira za rasadničku proizvodnju u Republici Srpskoj i Bosni i Hercegovini sa regulatornim okvirom Evropske Unije“, čime je stekla zvanje magistra hortikulture, 120 ECTS bodova. Studije trećeg ciklusa na Poljoprivrednom fakultetu Univerziteta u Banjoj Luci je upisala akademske 2015/2016. godine.

Od 2008.-2011. godine je radila kao stručni saradnik na projektima hortikulturnog uređenja prostora u preduzeću ADG2000 d.o.o. Banja Luka. Od decembra 2011. do februara 2012. godine je bila zaposlena kao saradnik na Institutu za genetičke resurse Univerziteta u Banjoj Luci, dok je u zvanje asistenta na Poljoprivrednom fakultetu Univerziteta u Banjoj Luci izabrana u decembru 2011. godine i to za užu naučnu oblast Hortikultura. U zvanje višeg asistenta, na užoj naučnoj oblasti Hortikultura, je izabrana u decembru 2015. godine i reizabrana 2020. godine. Svoju naučnoistraživačku aktivnost na matičnom Fakultetu provodi pri Institutu za hortikulturu, gdje takođe obavlja funkciju šefa Laboratorije za sertifikaciju sjemena i sadnog materijala, a i član je tima za vršenje stručne kontrole nad proizvodnjom sadnog materijala u Republici Srpskoj koja se obavlja po ovlaštenju Ministarstva poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede Republike Srpske. Takođe, obavlja funkciju mlađeg urednika naučnog časopisa Agroznanje koje izdaje Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Banjoj Luci. U okviru među institucionalne saradnje i razmjene, obavila je usavršavanje kroz različite međunarodne obuke, sa fokusom na upotrebu modernih tehnologija u poljoprivredi i hortikulturi.

Tokom svoje profesionalne i akademske karijere učestvovala je u tri međunarodna projekta kao član tima i petnaest nacionalnih naučnoistraživačkih projekata, od čega u jednom kao koordinator, kao i na mnogobrojnim međunarodnim naučnim i stručnim skupovima. Takođe je autor/koautor sedamnaest naučnih radova i autor više od trideset projekata hortikulturnog uređenja i pejzažnog dizajna koji su realizovani u zemlji i inostranstvu.



УНИВЕРЗИТЕТ У БАЊОЈ ЛУЦИ
ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ
Број: 10/3. 881/25
Датум: 07-04-2025

ИЗВЈЕШТАЈ

за оцјену урађене докторске дисертације / докторског умјетничког рада¹

1. ПОДАЦИ О КОМИСИЈИ	
Орган који је именовао комисију: Научно-наставно вијеће Пољопривредног факултета Универзитета у Бањој Луци	
Датум именовања комисије: 19.02.2025. године	
Број одлуке: 10/3.379-7.1/25	
Чланови комисије:	
1. проф. др Гордана Ђурић	редовни професор
Презиме и име	Звање
Пољопривредне науке, Хортикултура (воћарство, виноградарство и винарство, повртарство, љековито и ароматично биље и уређење околине) и Очување генетичких ресурса	
Научно поље и ужа научна/умјетничка област	
Пољопривредни факултет Универзитета у Бањој Луци	предсједник
Установа у којој је запослен/а	Функција у комисији
2. проф. др Борис Пашалић	редовни професор
Презиме и име	Звање
Пољопривредне науке, Хортикултура (воћарство, виноградарство и винарство, повртарство, љековито и ароматично биље и уређење околине)	
Научно поље и ужа научна/умјетничка област	
Пољопривредни факултет Универзитета у Бањој Луци	члан
Установа у којој је запослен/а	Функција у комисији
3. проф. др Емина Младеновић	ванредни професор
Презиме и име	Звање
Пољопривредне науке, Хортикултура и пејзажна архитектура	
Научно поље и ужа научна/умјетничка област	
Пољопривредни факултет Универзитета у Новом Саду	члан
Установа у којој је запослен/а	Функција у комисији
4.	
Презиме и име	Звање
Научно поље и ужа научна/умјетничка област	

¹ У даљем тексту „дисертација / умјетнички рад“.

Установа у којој је запослен/а		Функција у комисији	
5.	Презиме и име	Звање	
Научно поље и ужа научна/умјетничка област			
Установа у којој је запослен/а		Функција у комисији	

2. ПОДАЦИ О СТУДЕНТУ					
Име, име једног родитеља, презиме: Јелена (Драгољуб) Давидовић Гидас					
Датум рођења: 16.03.1983. године					
Мјесто и држава рођења: Градишка, БиХ					
2.1. Студије првог циклуса или основне студије или интегрисане студије					
Година уписа:	2002.	Година завршетка:	2011.	Просјечна оцјена током студија:	8,84
Универзитет: Универзитет у Новом Саду					
Факултет/Академија: Пољопривредни факултет					
Студијски програм: Биљна производња, усмјерење Хортикултура					
Стечено звање: дипломирани инжењер пољопривреде					
2.2. Студије другог циклуса или мастер студије					
Година уписа:	2011.	Година завршетка:	2015.	Просјечна оцјена током студија:	9,94
Универзитет: Универзитет у Бањој Луци					
Факултет/Академија: Пољопривредни факултет					
Студијски програм: Биљне науке, усмјерење Украсне биљке и хортикултурно уређење простора					
Назив завршног рада другог циклуса или мастер тезе, датум одбране:					
Усклађеност регулаторних оквира за расадничку производњу у Републици Српској и Босни и Херцеговини са регулаторним оквиром Европске Уније					
Ужа научна/умјетничка област завршног рада другог циклуса или мастер тезе:					
Пољопривредне науке					
Стечено звање: магистар хортикултуре, 120 ECTS бодова					

2.3. Студије трећег циклуса					
Година уписа:	2015.	Број ЕCTS бодова остварених до сада:	120	Просјечна оцјена током студија:	9,60
Факултет/Академија: Пољопривредни факултет					
Студијски програм: Пољопривредне науке					
2.4. Приказ научних и стручних односно умјетничких радова студента²					
Навести појединачне радове, са навођењем DOI бројева, односно концерте / снимљена дјела. Додати потребан број редова. Користити исти стил за навођење свих референци у 2.4.					
Р. б.	Основни подаци о научном раду			Цитатна база	
1.	Davidović Gidas, J., Zeljković, S., Đekić, N., & Đurić, G. (2025). LED lights and plant growth regulators enhance the <i>in vitro</i> mass propagation of rosemary (<i>Rosmarinus officinalis</i> L.). <i>European Journal of Horticultural Science</i>, 90(1), 0008. https://doi.org/10.1079/ejhs.2025.0008			Web of Science Core Collection	
2.	Todorović, V., Đekić, N., Antić, M., Bosnačić, B., Davidović Gidas, J., & Murić, S. (2023). Morphological characteristics and antioxidant properties of <i>Allim ursinum</i> L. wild growing in the northwestern part of the Republic of Srpska (Bosnia and Herzegovina). <i>Journal of Applied Botany and Food Quality</i>, 96, 48-54. https://doi.org/10.5073/JABFQ.2023.096.006			Web of Science Core Collection	
3.	Maksić, M., Stanivuković, S., Mičić, G., Davidović Gidas, J., Mastilović, J., & Đurić, G. (2021). Preliminary evaluation of Cornelian cherry in Drvar valley (Bosnia and Herzegovina). <i>Acta Horticulturae</i>, 1308, 141-150. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1308.21			SCOPUS	
4.	Jovanović-Cvetković, T., Đurić, G., Cvetković, M., & Davidović-Gidas, J. (2021). Uvometric characteristics of two Herzegovinian indigenous cultivars 'Žilavka' and 'Radovača.' <i>Acta Horticulturae</i>, 1308, 67-72. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2021.1308.11			SCOPUS	
5.	Zeljkić, S., Ećim, T., Davidović Gidas, J., & Mladenović, E. (2021). Effects of different substrates on growth and development of Globe amaranth (<i>Gomphrena globosa</i> L.). <i>Agroznanje</i>, 22(4), 107-116. https://doi.org/10.7251/agren2104107z			DOAJ	
Припадност рада ужој научној/умјетничкој области којој припада предмет истраживања докторске дисертације				☒ ДА	☐ НЕ

² У складу са чланом 34 Правила студирања на трећем циклусу студија, септембра 2022. године.

3. УВОДНИ ДИО ОЦЕНЕ ДИСЕРТАЦИЈЕ / УМЈЕТНИЧКОГ РАДА

1. **Наслов дисертације:** Оптимизација протокола за микропропагацију љековитих и украсних врста из породице *Lamiaceae*

2. **Научно поље и ужа научна област:** Пољопривредне биљне науке, Хортикултура

3. **Датум прихватања теме дисертације и бројеви одлука одговарајућих органа чланица и Универзитета:** Научно-наставно вијеће Пољопривредног факултета, Приједлог одлуке бр. 10/3.4037-3-15/20 од 15.12.2020. године; Сенат Универзитета у Бањој Луци, Одлука бр. 02/04-3.137-45/21 од 28.01.2021. године

4. **Датум прихватања извјештаја комисије за оцјену подобности студента, теме и ментора за израду дисертације и бројеви одлука одговарајућих органа чланица и Универзитета:** Научно-наставно вијеће Пољопривредног факултета, Одлука бр. 10/3.1065-8-8/21 од 20.04.2021. године; Сенат Универзитета у Бањој Луци, Одлука бр. 02/04-3.977-46/21 од 29.04.2021. године

5. **Садржај дисертације уз навођење броја страна:**

Дисертација се бави оптимизацијом микропропагације три значајне биљне врсте из породице *Lamiaceae* – лаванде (*Lavandula angustifolia* Mill.), рузмарина (*Rosmarinus officinalis* L.) и подубице (*Teucrium chamaedrys* L.). Истраживање је мотивисано потребом за обезбјеђивањем квалитетног, генетски униформног и комерцијално одрживог садног материјала ових врста, чија се традиционална производња суочава с бројним изазовима, као што су ниска клијавост сјемена, слаба укорјењивост резница и генетичка варијабилност.

Преглед литературе обухватио је досадашња истраживања из области микропропагације, са посебним нагласком на примјену савремених биљних регулатора раста (mT, 6-BAP, NAA, IBA) и LED технологије (плаво, црвено и комбиновано свјетло) у *in vitro* култури. Посебно је истакнута актуелност примјене mT као алтернативног цитокинина са повољнијим ефектима на морфогенезу и смањеним нежељеним ефектима у поређењу са 6-BAP-ом. Такође је анализиран утицај различитих спектра свјетлости на раст и развој биљних ткива, при чему су плаво и црвено LED свјетло идентификовани као потенцијално најефикасније за стимулацију коријена и биомасе.

Експериментални дио дисертације спроведен је у контролисаним лабораторијским условима, а обухватио је фазе мултипликације, укорјењавања и аклиматизације биљака. Примењене су различите комбинације биљних регулатора раста и свјетлосних режима, а резултати су анализирани уз помоћ савремених статистичких метода, укључујући двофакторијалну анализу варијансе и непараметарску ART методу. Посебна пажња посвећена је идентификацији оптималних комбинација третмана које омогућавају висок степен регенерације, укорјењавања и преживљавања биљака.

Добијени резултати су показали да интеракција свјетлосних услова и фитохормона или њихов појединачни ефекат, значајно утичу на све анализиране параметре: свјежу и суву масу, број и дужину изданака, број нодуса, проценат укорјењавања, дужину и број коријенова, као и стопу преживљавања након аклиматизације.

Дисертација доноси значајан допринос унапређењу методологије микропропагације поменутих врста, потврђујући практичне предности примјене LED свјетлости и mT као алтернативног цитокинина. Поред унапређења постојећих протокола, резултати отварају простор за примјену сличних приступа код других врста из породице *Lamiaceae*, као и за даља истраживања која би укључивала молекуларну и биохемијску анализу одговора биљака на различите *in vitro* услове.

Дисертација је написана на 170 страница А4 формата, са величином фонта *Times New Roman* 12 и проредом 1,5.

6. **Истаћи основне податке о дисертацији, обавезно укључујући обим, број и називе поглавља, број табела, слика, шема, графикана и број литературних навода:**

Дисертација садржи сљедећа поглавља (са бројем страница):

1. Увод – 1;
2. Преглед литературе – 2-17;

3. Циљ истраживања – 18;
4. Хипотезе истраживања – 19;
5. Материјал и методе рада – 20-26;
6. Резултати истраживања – 27-95;
7. Дискусија – 96-104;
8. Закључци – 105-107;
9. Литература – 108-121;
10. Прилог 1 – Резултати вишеструких поређења третмана са тетсом значајних разлика – 122-146;
11. Прилог 2 – Типичне фотографије експлантата из експеримента – 147-170.

Дисертација садржи 64 табеле, 36 оригиналних слика и 1 слику преузету из интернет извора уз јасно навођење извора, као и 33 графикана. У раду је кориштено 119 литературних извора. Дисертација садржи и све стране и прилоге прописане Правилником о садржају, изгледу и дигиталном репозиторијуму докторских дисертација/докторских умјетничких радова на Универзитету у Бањој Луци из 2022. године.

1. Наслов дисертације / умјетничког рада.
2. Научно поље и ужа научна/умјетничка област.
3. Датум прихватања теме дисертације / умјетничког рада и бројеви одлука одговарајућих органа чланица и Универзитета.
4. Датум прихватања извјештаја комисије за оцјену подобности студента, теме и ментора за израду дисертације / умјетничког рада и бројеви одлука одговарајућих органа чланица и Универзитета.
5. Садржај дисертације / умјетничког рада уз навођење броја страна.
6. Истаћи основне податке о дисертацији / умјетничком раду: обавезно укључујући обим, број и називе поглавља, број табела, слика, шема, графикана и број литературних навода.

4. УВОД И ПРЕГЛЕД ЛИТЕРАТУРЕ

1. Укратко описати разлоге због којих су истраживања предузета и представити проблем, предмет, циљеве и хипотезе.

Истраживање је мотивисано потребом за унапређењем система производње квалитетног садног материјала код биљних врста из породице *Lamiaceae*, које имају значајну фармацеутску, козметичку, прехранбену и хортикултурну вриједност. Упркос њиховом све већем тржишном потенцијалу, производња лаванде (*Lavandula angustifolia* Mill.), рузмарина (*Rosmarinus officinalis* L.) и подубице (*Teucrium chamaedrys* L.) у Републици Српској и Босни и Херцеговини, суочава се с бројним изазовима. Прије свега, то су екстензивни услови производње и ослањање на традиционалне методе размножавања (сјеменом или резницама), што резултира генетски неуједначеним и често некавалитетним садним материјалом.

У том контексту, *in vitro* култура, односно микропропагација се препознаје као ефикасан начин за превазилажење наведених проблема, јер омогућава производњу великог броја генетски униформних биљака у кратком временском периоду, уз строгу контролу услова раста и развоја. Међутим, један протокол за микропропагацију није универзално примјењив и захтијева специфичну оптимизацију за сваку врсту, посебно када се узму у обзир фактори попут типа и концентрације биљних регулатора раста те извора свјетлости.

Предмет истраживања су интеракције између свјетлосних услова и биљних регулатора раста у свим фазама микропропагације – од иницијације до аклиматизације – код три врсте из породице *Lamiaceae*: лаванде (*Lavandula angustifolia* Mill.), рузмарина (*Rosmarinus officinalis* L.) и подубице (*Teucrium chamaedrys* L.).

Општи циљ истраживања је развој оптимизованих протокола за ефикасну микропропагацију лаванде, рузмарина и подубице, с посебним фокусом на повећање степена мултипликације, побољшање *in vitro* укорјењавања, као и преживљавања током *ex vitro* аклиматизације.

Специфични циљеви, који проистичу из основног циља, укључују:

- одређивање најефикаснијих комбинација цитокинина и ауксина за раст и развој експлантата;

- испитивање утицаја спектралног састава свјетлости (флуоресцентна, црвена LED, плава LED и комбинована црвена и плава LED) на морфологију експлантата;
- процјену међусобног дјеловања свјетлости и биљних регулатора раста у свим фазама *in vitro* културе, укључујући и *ex vitro* аклиматизацију;
- развијање практично примјењивих и комерцијално одрживих протокола за сваку од испитиваних врста.

Хипотезе истраживања полазе од претпоставке да и појединачни и комбиновани ефекти свјетлосних третмана и биљних регулатора раста (6-BAP, mT, NAA, IBA) значајно утичу на успјешност микропропагације. Очекује се да ће одређене комбинације довести до:

- развоја већег броја и дужине изданака у фази мултипликације,
- бољег укорјењавања и раста коријена у фази *in vitro* укорјењавања,
- успјешне аклиматизације биљака, и
- побољшања укупног квалитета садног материјала.

2. На основу прегледа литературе, сажето приказати резултате претходних истраживања у вези проблема који је истраживан (водити рачуна о томе да обухвата најновија и најзначајнија сазнања из те области код нас и у свијету):

In vitro култура биљних ткива и ћелија, односно микропропагација, представља основу модерне биљне производње, са широком примјеном у пољопривреди, хортикултури и очувању биљних генетичких ресурса. Као метода, микропропагација омогућава клонско умножавање генетски униформног материјала из малих почетних узорака, што омогућава висок степен уједначености у квалитету садница (*Espinosa-Leal* и сар., 2018; *Abdalla* и сар., 2022).

Једна од кључних предности микропропагације је континуитет производње током цијеле године, независно од сезонских и агроклиматских фактора. Такође, за разлику од класичних расадника, процес захтијева знатно мањи простор. Међутим, процес микропропагације прати и низ изазова који обухватају:

- високе почетне трошкове за опрему и обучену радну снагу (*Cardoso* и сар., 2018),
- ризик од појаве микробиолошке контаминације која може у потпуности онемогућити процес,
- могућност појаве соматоналних варијација, које нарушавају генетичку стабилност клонова, нарочито након више подкултивација (*Cirilli* и сар., 2017; *Ioannidis* и сар., 2022),
- као и појаву физиолошких абнормалности попут витрификације ткива или слабог развоја коријена, што негативно утиче на преживљавање биљака у *ex vitro* фази.

Микропропагација обухвата пет стандардних корака/фаза - од избора матичне биљке и почетног материјала за увођење у културу, преко иницијације, мултипликације, укорјењавања, до аклиматизације. Свака фаза мора бити прецизно оптимизована како би се осигурала ефикасност и одрживост протокола. Од почетка 21. вијека, у процес *in vitro* културе биљних ткива и ћелија, уведене су технолошке иновације које укључују (*Cardoso* и сар., 2018; *Carvalho* и сар., 2019; *Cioć* и сар., 2021; *Vardanyan* и сар., 2025):

- алтернативне изворе свјетлости, прије свега LED технологију;
- алтернативне биљне регулаторе раста и биостимулаторе, укључујући мета-тополин, полиамине, мелатонин, салицилну киселину, наночестице и сл.;
- производне системе као што су биореактори и хидропонски системи;
- примјену молекуларних маркера (RAPD, ISSR, SSR) у контроли генетичке стабилности клонова;
- аутоматизацију и роботизацију неких фаза *in vitro* размножавања.

У тзв. затвореним производним системима, какав је и *in vitro* култура, биљке расту у потпуној зависности од вјештачког освјетљења, јер природно свјетло није присутно, а свјетлост има кључну улогу не само у фотосинтези, већ и у регулацији гена и хормонске сигнализације (*Taiz* и *Zeiger*, 2002). Традиционално су кориштене флуоресцентне лампе због равномјерног освјетљења, али оне емитују широки спектар који биљке не користе у потпуности, док се притом значајан дио енергије расипа у виду топлоте (*Dutta Gupta* и *Agarwal*, 2017). Увођењем LED технологије наступио је квалитативни помак у овом контексту. LED лампе омогућавају:

- емитовање тачно одређених таласних дужина свјетлости које су прилагођене фотосинтетским системима биљака (црвена: 620–700 nm, плава: 400–510 nm),
- енергетску ефикасност и прецизну контролу фотопериода и спектра свјетлости (Cioс и сар., 2019; Nacheva и сар., 2022).

Кроз многобројна истраживања проведена на различитим биљним врстама, уочено је позитивно дејство:

- црвене монохроматске свјетлости на стимулацију формирања и развоја адвентивних пупољака и издуживање изданака (Manivannan и сар., 2017; Jeong и Sivanesan, 2018), на акумулацију свјеже и суве масе (Hung и сар., 2016), као и на укорјењавање микрорезница (Florêncio и сар., 2024);
- плаве монохроматске свјетлости на повећање броја изданака и нодуса (Li и сар., 2013), компактнији раст експлантата и акумулацију свјеже и суве масе код неких врста (Alvarenga и сар., 2015), промовисање развоја и издуживања коријена (Manivannan и сар., 2015);
- комбинације црвеног и плавог спектра свјетлости, у различитим односима на регенерацију изданака (Pawłowska и сар., 2018), њихову пролиферацију (Bello-Bello и сар., 2016), као и издуживање изданака (Lin и сар., 2011) и коријена (Li и сар., 2013).

Из анализе доступних литературних извора се може закључити да не постоји универзална формула за свјетлосни третман биљака у *in vitro* условима, већ се за сваку биљну врсту развија протокол на основу конкретних научних истраживања.

Биљни регулатори раста, прије свега цитокинини и ауксини, имају кључну улогу у контроли раста и развоја у *in vitro* култури. Ауксини првенствено регулишу елонгацију ћелија, гравитропну и фототропну оријентацију раста, као и иницијацију корјеновог система, док цитокинини имају кључну улогу у стимулацији ћелијске диобе, диференцијацији и формирању изданака (Teiz и Zeiger, 2002).

Најчешће кориштени цитокинини у микропропагацији су 6-бензиламинопурин (6-BAP), кинетин (KIN), зеатин и тидиазурон (TDZ), док су најчешће примјењивани ауксини индол-3-бутерна киселина (IBA), 1-нафтил сирћетна киселина (NAA) и индол-3-сирћетна киселина (IAA). Иако се цитокинини генерално повезују са инхибицијом формирања коријена, неке студије указују да ниске концентрације могу подстаћи формирање адвентивних корјенова (Arya и сар., 2022) и побољшати квалитет биљака (Melnyk, 2023). Слично, равнотежа између ауксина и цитокинина у хранљивој подлози током фазе мултипликације кључна је за нормалан развој експлантата, при чему ниска концентрација ауксина може бити од суштинског значаја за правилну морфогенезу (Beyl, 2011).

6-BAP је најчешће кориштен синтетички цитокинин у микропропагацији због своје ефикасности у индукцији и пролиферацији изданака, као и због приступачне цијене (Бошњак Михаиловић и сар., 2020). Ипак, утврђено је да може изазвати различите поремећаје у *in vitro* културама, као што су витрификација (стаклавост) ткива, некроза врха изданака, инхибиција развоја коријена и пријевремено старење ткива (сенесценција) (Chen и сар., 2020).

N⁶-(2-хидроксibenзил)аденин-9-рибозоид, касније назван мета-Тополин (mT), је новији природни цитокинин који се показао ефикаснијим од 6-BAP-а код многих врста уз мању појаву нежељених фенотипских промјена (Grzegorzcyk-Karolak и сар., 2020; Papafotiou и сар., 2023; Ellena и сар., 2023). Такође, његово постепено отпуштање у ткиву омогућава дуготрајнији и стабилнији ефекат у поређењу са 6-BAP-ом (Prerostova и сар., 2018). Ово позитивно дејство mT-а је већ регистровано код многих врста из породице Lamiaceae као што су *Ocimum basilicum* L. (Kőszeghi и сар., 2014), *Salvia viridis* L. (Grzegorzcyk-Karolak и сар., 2020), *Salvia scarlea* L. (Erişen и сар., 2020) и *Salvia officinalis* L. (Papafotiou и сар., 2023). Упркос доказаним предностима, mT није довољно истражен код лаванде, рузмарина и подубице, што додатно оправдава ово истраживање.

Лаванда (*Lavandula angustifolia* Mill.) је врста која се узгаја широм свијета и има веома широку примјену у хемијској, фармацеутској, козметичкој и прехранбеној индустрији, а веома је цијењена и као украсна врста. Лаванда се у пракси размножава и генеративним и вегетативним путем, при чему су обе методе подједнако заступљене. Сјеменска репродукција доводи до генетички варијабилног садног материјала, са значајним разликама у садржају етарских уља, док се вегетативно размножавање помоћу резница и изданака често показује проблематичним због слабог укорјењавања и присуства биљних патогена у матичним биљкама (Mitrofanova и сар., 2017).

Новија истраживања у области микропропагације лаванде углавном су фокусирана на индиректну органогенезу изданака из калуса (*Leelavathi* и сар., 2020; *Yegorova* и сар., 2020; *Abbaszadeh* и сар., 2023), као и на регенерацију калуса у циљу производње секундарних метаболита (*Ivanov* и сар., 2024; *Yahya* и сар., 2024). У досадашњим истраживањима, 6-BAP у концентрацијама 0,5–2,0 mg/L, у комбинацији са NAA, односно IBA за укорјењавање, су најчешће примјењивани биљни регулатори раста у микропропагацији лаванде (*Hamza* и сар., 2011; *Chaimae* и сар., 2020). Употреба mT код *L. angustifolia* није документована, али постоје докази о његовој ефикасности код врсте *Lavandula x intermedia* (*Mitrofanova* и сар., 2022). Подаци о примјени LED освјетљења код лаванде су оскудни, осим ријетких истраживања о позитивним ефектима инфрацрвене и црвене свјетлости у *in vitro* (*Darouez* и *Werbrouck*, 2024) и *in vivo* укорјењавању (*Wai* и сар., 2024).

Рузмарин (*Rosmarinus officinalis* L.) је медитераснка врста која има широку примјену у фармацеутској и козметичкој индустрији због својих есенцијалних уља и других секундарних метаболита који имају антиупално, антиоксидативно, антисептичко и антимикробно дејство. Изузетно је цијењена и као украсна врста. Конвенционалне методе размножавања рузмарина обухватају генеративно размножавање, резнице изданака и положенице. Међутим ове начине размножавања прате ограничења као што су слаба клијавост, генетичка варијабилност сијанаца и слабо укорјењавање резница (*Sakr* и сар., 2018; *Kostas* и сар., 2022), што отежава масовну производњу висококвалитетног садног материјала ове врсте.

Већина претходних истраживања која су укључивала *in vitro* културу рузмарина, је била фокусирана на производњу калуса, који се даље користи или за регенерацију адвентивних изданака (*Laslo* и сар., 2015; *Sakr* и сар., 2018), или за производњу секундарних метаболита (*Sota* и сар., 2019; *Al-Saeedi* и *Al-Rekaby*, 2022). Само неколико студија је било усмјерено на производњу потпуно развијеног биљног материјала који се може даље користити и у *in vitro* (*Leelavathi* и сар., 2013; *Darwesh* и *Alayafi*, 2018) и у *in vivo* условима (*Husain* и *Jawad*, 2019; *Kostas* и сар., 2022). За фазу мултипликације рузмарина препоручује се кориштење MS подлоге са 0,5 mg/L 6-BAP-а без додатка ауксина (*Husain* и *Jawad*, 2019), 0,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA (*Kostas* и сар., 2022), 0,8 mg/L 6-BAP + 0,5 mg/L NAA (*Dong* и сар., 2012), или 2 mg/L 6-BAP + 0,5 mg/L IAA (*Leelavathi* и сар., 2013). С друге стране, за *in vitro* укорјењавање препоручује се кориштење MS подлоге са додатком 0,5 mg/L IBA (*Mascarello* и сар., 2017) или MS подлоге са преполовљеном концентрацијом хранљивих соли и додатком 0,5 mg/L IBA (*Husain* и *Jawad*, 2019) или 1,0 mg/L NAA (*Sakr* и сар., 2018). Такође, у доступној литератури нема података о употреби mT као алтернативног цитокинина у микропропагацији рузмарина, док је потенцијал примјене LED свјетла слабо истражен, осим у ријетким случајевима, као што је истраживање њиховог утицаја на укорјењавање *in vivo* резница рузмарина (*Gil* и сар., 2021).

Подубица (*Teucrium chamaedrys* L.) је љековита, отровна и украсна врста, која се често употребљава у вртovima формалног стила, гдје се користи као рубна биљка у лејама или за формирање ниских живих ограда. Због изразито ниске клијавости сјемена, подубица се најчешће размножава вегетативно – резницама или дијељењем бокора. Међутим, ови начини размножавања често нису довољно ефикасни за потребе комерцијалне производње, због чега је неопходно пронаћи оптималан приступ за масовну и уједначену производњу садног материјала.

Иако су истраживања микропропагације врсте ове врсте изузетно оскудна, у литератури се наводе успјешни протоколи за ову и друге врсте из истог рода. *Razavi* и сар. (2019) су успјешно регенерисали изданке *T. chamaedrys* L. из калусних култура на MS подлози обogaћеној са 0,5 mg/L 6-BAP и 0,1 mg/L NAA, док је формирање корјенова постигнуто на истој подлози уз додатак 0,5 mg/L KIN и 0,5 mg/L NAA. Код сродних врста (*T. stocksianum*, *T. fruticans*, *T. polium*) такође су кориштени класични цитокинини (KIN, 6-BAP) и ауксини (NAA, IBA) у различитим комбинацијама, концентрацијама и односима (*Frabetti* и сар., 2009; *Al-Qudah* и сар., 2011; *Papafotiou* и *Martini*, 2016).

Иако се у литератури могу пронаћи различити приступи и протоколи микропропагације унутар рода *Teucrium*, досадашња истраживања су методолошки неуједначена, а подаци специфично за врсту *Teucrium chamaedrys* L. остају оскудни и недовољно истражени. Имајући у виду ову празнину у научним сазнањима, спровођење овог истраживања представља важан допринос у оптимизацији *in vitro* размножавања ове значајне биљне врсте, чиме се отвара простор за њену ширу примјену у хортикултури, фармацији и очувању генетичких ресурса.

Кориштени литературни извори:

1. Abbaszadeh, F., Daneshvar, M. H., Salehi Salmi, M., & Lotfi Jalal Abadi, A. (2023). Determining the best combination of explant and plant growth regulators on callogenesis, indirect organogenesis, proliferation, and rooting of *Lavandula officinalis* L. *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research*, 30(2), 306-323.
<https://doi.org/10.22092/ijrfpbgr.2022.359072.1423>
2. Abdalla, N., El-Ramady, H., Seliem, M. K., El-Mahrouk, M. E., Taha, N., Bayoumi, Y., Shalaby, T. A., & Dobránszki, J. (2022). An academic and technical overview on plant micropropagation challenges. *Horticulturae*, 8(8), 677. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8080677>
3. Al-Qudah, T. S., Shibli, R. A., & Alali, F. Q. (2011). *In vitro* propagation and secondary metabolites production in wild germander (*Teucrium polium* L.). *In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant*, 47(4), 496–505. <https://doi.org/10.1007/s11627-011-9352-9>
4. Al-Saeedi, A. A. R., & Al-Rekaby, L. S. (2022). Environmental Influence of growth regulators and light condition on some callus traits of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) *in vitro*. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1029(1), 012013.
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/1029/1/012013>
5. Alvarenga, I. C. A., Pacheco, F. V., Silva, S. T., Bertolucci, S. K. V., & Pinto, J. E. B. P. (2015). *In vitro* culture of *Achillea millefolium* L.: quality and intensity of light on growth and production of volatiles. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, 122(2), 299–308.
<https://doi.org/10.1007/s11240-015-0766-7>
6. Arya, A., Sharma, V., Tyagi, P. K., Gola, D., & Husen, A. (2022). Role of cytokinins in adventitious root formation. In A. Husen (Ed.), *Environmental, Physiological and Chemical Controls of Adventitious Rooting in Cuttings* (pp. 239–249). Academic Press New York.
<https://doi.org/10.1016/b978-0-323-90636-4.00017-9>
7. Bello-Bello, J. J., Martínez-Estrada, E., Caamal-Velásquez, J. H., & Morales-Ramos, V. (2016). Effect of LED light quality on *in vitro* shoot proliferation and growth of vanilla (*Vanilla planifolia* Andrews). *African Journal of Biotechnology*, 15(8), 272–277.
<https://doi.org/10.5897/ajb2015.14662>
8. Beyl, C. A. (2011). PGRs and Their Use in Micropropagation. In R. N. Trigiano & D. J. Gray (Eds.), *Plant Tissue Culture, Development, and Biotechnology*. CRC Press.
<https://doi.org/10.1201/9781439896143>
9. Bošnjak Mihovilović, A., Habuš Jerčić, I., Prebeg, T., Tomaz, I., Pavičić, A., Barić, M., & Kereša, S. (2020). Light Source and Cytokinin Type Affect Multiplication Rate, Chlorophyll Content and Stomata Formation of *Amelanchier alnifolia* Shoots *in Vitro*. *Journal of Central European Agriculture*, 21(4), 826–838. <https://doi.org/10.5513/jcea01/21.4.2909>
10. Cardoso, J. C., Sheng Gerald, L. T., & Teixeira da Silva, J. A. (2018). Micropropagation in the Twenty-First Century. In V. M. Loyola-Vargas & N. Ochoa-Alejo (Eds.), *Plant Cell Culture Protocols* (pp. 17-46). Springer, New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4939-8594-4_2
11. Carvalho, L. S. O., Ozudogru, E. A., Lambardi, M., & Paiva, L. V. (2019). Temporary immersion system for micropropagation of tree species: a bibliographic and systematic review. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 47(2), 615–625.
<https://doi.org/10.15835/nbha47111305>
12. Chaimae, S., Hakima, S., Chaimae, R., Wafae, S., Lazraq, A., Lahsen, E. G., Saadia, B., & Ghizlane, E. (2020). Improvement of germination rate and *in vitro* multiplication of *Lavandula angustifolia*. *Journal of Applied Biology & Biotechnology*, 8(2), 52–57.
<https://doi.org/10.7324/jabb.2020.80209>
13. Chen, Y.-C., Chang, C., & Lin, H.-L. (2020). Topolins and Red Light Improve the Micropropagation Efficiency of Passion Fruit (*Passiflora edulis* Sims) 'Tainung No.1.' *HortScience*, 55(8), 1337–1344.
<https://doi.org/10.21273/hortsci15078-20>
14. Cioć, M., Szewczyk, A., Żupnik, M., Kalisz, A., & Pawłowska, B. (2017). LED lighting affects plant growth, morphogenesis and phytochemical contents of *Myrtus communis* L. *in vitro*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, 132(3), 433–447. <https://doi.org/10.1007/s11240-017-1340-2>
15. Cioć, M., Tokarz, K., Dziurka, M., & Pawłowska, B. (2021). Energy-saving LED light affects the efficiency of the photosynthetic apparatus and carbohydrate content in *Gerbera jamesonii*

- axillary shoots multiplied *in vitro*. *Biology*, 10(10), 1035.
<https://doi.org/10.3390/biology10101035>
16. Cirilli, M., Delfino, I., Caboni, E., & Muleo, R. (2017). EpiHRMAssay, in tube and in silico combined approach for the scanning and epityping of heterogeneous DNA methylation. *Biology Methods and Protocols*, 2(1). <https://doi.org/10.1093/biomethods/bpw008>
 17. Darouez, H., & Werbrouck, S. P. O. (2024). Red and Far-Red Light Combined with Trans-Cinnamic Acid Enhances *In Vitro* Rooting and Reduces Callus Formation in Lavender. *Horticulturae*, 10(9), 954. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10090954>
 18. Darwesh, H. Y., & Alayafi, A. A. (2018). *In vitro* Propagation Response of *Rosmarinus officinalis* L. to Biotic and Abiotic Elicitors on Phenolic Content and Photosynthetic Pigments. *Journal of Agricultural Science*, 10(2), 301-307. <https://doi.org/10.5539/jas.v10n2p301>
 19. Dong, Y., Wang, R., Li, Z., Qi, C., Liu, B., Duan, R., & Liu, Y. (2012). Callus Induction and Plant Regeneration from Rosemary Leaves. *Bioscience Methods*, 3(3), 21-26.
<https://doi.org/10.5376/bm.2012.03.0003>
 20. Dutta Gupta, S., & Agarwal, A. (2017). Influence of LED Lighting on *In Vitro* Plant Regeneration and Associated Cellular Redox Balance. In S. Dutta Gupta (Ed.), *Light Emitting Diodes for Agriculture* (pp. 273–303). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-5807-3_12
 21. Ellena, M., González, A., & Matamala, L. (2023). The effect of cytokinins on micropropagation of hazelnut (*Corylus avellana* L.) rootstock selection 'Selfe J.' *Acta Horticulturae*, 1379, 327–332.
<https://doi.org/10.17660/actahortic.2023.1379.47>
 22. Erişen, S., Kurt-Gür, G., & Servi, H. (2020). *In vitro* propagation of *Salvia sclarea* L. by meta-Topolin, and assessment of genetic stability and secondary metabolite profiling of micropropagated plants. *Industrial Crops and Products*, 157, 112892.
<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112892>
 23. Espinosa-Leal, C. A., Puente-Garza, C. A., & García-Lara, S. (2018). *In vitro* plant tissue culture: means for production of biologically active compounds. *Planta*, 248(1), 1–18.
<https://doi.org/10.1007/s00425-018-2910-1>
 24. Florêncio, M. T., Kreyçi, P. F., Jacob, J. F. de O., Ambrosano, G. B., Demétrio, C. A., & Rodrigues, P. H. V. (2024). *In vitro* rhizogenesis of blueberry microcuttings under different LED light spectra. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 59. <https://doi.org/10.1590/s1678-3921.pab2024.v59.03561>
 25. Frabetti, M., Gutiérrez-Pesce, P., Mendoza-de Gyves, E., & Rugini, E. (2009). Micropropagation of *Teucrium fruticans* L., an ornamental and medicinal plant. *In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant*, 45(2), 129–134. <https://doi.org/10.1007/s11627-009-9192-z>
 26. Gil, C.-S., Kwon, S.-J., Jeong, H.-Y., Lee, C., Lee, O.-J., & Eom, S.-H. (2021). Blue Light Upregulates Auxin Signaling and Stimulates Root Formation in Irregular Rooting of Rosemary Cuttings. *Agronomy*, 11(9), 1725. <https://doi.org/10.3390/agronomy11091725>
 27. Grzegorzczak-Karolak, I., Hnatuszko-Konka, K., Zarzycka, M., & Kuźma, Ł. (2020). The Stimulatory Effect of Purine-Type Cytokinins on Proliferation and Polyphenolic Compound Accumulation in Shoot Culture of *Salvia viridis*. *Biomolecules*, 10(2), 178. <https://doi.org/10.3390/biom10020178>
 28. Hamza, A. M., Omaina, M., Abd E.-K., & Kasem, M. M. (2011). Direct micropropagation of English lavender (*Lavandula angustifolia* Munstead) plant. *Journal of Plant Production*, 2(1), 81-96.
 29. Hung, C. D., Hong, C.-H., Kim, S.-K., Lee, K.-H., Park, J.-Y., Dung, C. D., Nam, M.-W., Choi, D.-H., & Lee, H.-I. (2016). *In vitro* proliferation and *ex vitro* rooting of microshoots of commercially important rabbiteye blueberry (*Vaccinium ashei* Reade) using spectral lights. *Scientia Horticulturae*, 211, 248–254. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.09.003>
 30. Husain, Z. M. A., & Jawad, L. K. (2019). Effect of some growth regulators on the multiplication and stimulating the production of the volatile oil of *Rosemary officinalis* *in vitro*. *Plant Archives*, 19(1), 1773-1782. [http://www.plantarchives.org/PDF%2019-1/1773-1782%20\(4743\).pdf](http://www.plantarchives.org/PDF%2019-1/1773-1782%20(4743).pdf)
 31. Ioannidis, K., Tomprou, I., Mitsis, V., & Koropouli, P. (2022). Genetic evaluation of *in vitro* micropropagated and regenerated plants of *Cannabis sativa* L. using SSR molecular markers. *Plants*, 11(19), 2569. <https://doi.org/10.3390/plants11192569>
 32. Ivanov, P. A., Khabarov, V. A., Nekrasova, D. A., Pivovarova, N. S., Whaley, A. K., & Povydysh, M. N. (2024). Features of Growth and Accumulation of Polyphenolic Compounds in Callus Cultures of *Lavandula angustifolia* Mill. *Russian Journal of Plant Physiology*, 71(3).
<https://doi.org/10.1134/s1021443724606001>

33. Jeong, B. R., & Sivanesan, I. (2018). Impact of light quality and sucrose on adventitious shoot regeneration and bioactive compound accumulation in *Ajuga multiflora* Bunge. *Scientia Horticulturae*, 236, 222–228. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.03.056>
34. Kostas, S., Kaplani, A., Koulaouzidou, E., Kotoula, A.-A., Gklavakis, E., Tsoulpha, P., Hatzilazarou, S., Nianiou-Obeidat, I., Kanellis, A. K., & Economou, A. (2022). Sustainable Exploitation of Greek *Rosmarinus officinalis* L. Populations for Ornamental Use through Propagation by Shoot Cuttings and *In Vitro* Cultures. *Sustainability*, 14(7), 4059. <https://doi.org/10.3390/su14074059>
35. Kőszeghi, S., Bereczki, C., Balog, A., & Benedek, K. (2014). Comparing the Effects of Benzyladenine and meta-Topolin on Sweet Basil (*Ocimum basilicum*) Micropropagation. *Notulae Scientia Biologicae*, 6(4), 422–427. <https://doi.org/10.15835/nsb649464>
36. Laslo, V., Agud, E. M., & Zăpârțan, M. (2015). The Regenerative and *In Vitro* Multiplication Capacity of Apical Tissue of *Rosmarinus officinalis* L., on Mediums with Low Hormones Content. *Analele Universității din Oradea, Fascicula Protecția Mediului*, 25, 171–180.
37. Leelavathi, D., Kuppan, Y., & Kuppan, N. (2013). An efficient protocol for *in vitro* aseptic shoot multiplication and plant regeneration of *Rosmarinus officinalis* – An Important Medicinal Plant Using axillary bud. *International Journal of Pure & Applied Bioscience*, 1(6), 51–55.
38. Leelavathi, D., Raajasubramanian, D., Ramu, L., Haseena, R., Midhila, P., Govinda R. M. V., Lavanya, G., Chetan, H. C., & Kuppan, N. (2020). *Lavandula angustifolia* L. plants regeneration from *in vitro* leaf explants-derived callus as conservation strategy. *Biotechnologia Vegetal*, 20(2), 75–82.
39. Li, H., Tang, C., & Xu, Z. (2013). The effects of different light qualities on rapeseed (*Brassica napus* L.) plantlet growth and morphogenesis *in vitro*. *Scientia Horticulturae*, 150, 117–124. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.10.009>
40. Lin, Y., Li, J., Li, B., He, T., & Chun, Z. (2010). Effects of light quality on growth and development of protocorm-like bodies of *Dendrobium officinale* *in vitro*. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, 105(3), 329–335. <https://doi.org/10.1007/s11240-010-9871-9>
41. Manivannan, A., Soundararajan, P., Halimah, N., Ko, C. H., & Jeong, B. R. (2015). Blue LED light enhances growth, phytochemical contents, and antioxidant enzyme activities of *Rehmannia glutinosa* cultured *in vitro*. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 56(1), 105–113. <https://doi.org/10.1007/s13580-015-0114-1>
42. Manivannan, A., Soundararajan, P., Park, Y. G., Wei, H., Kim, S. H., & Jeong, B. R. (2017). Blue and red light-emitting diodes improve the growth and physiology of *in vitro*-grown carnations 'Green Beauty' and 'Purple Beauty.' *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 58(1), 12–20. <https://doi.org/10.1007/s13580-017-0051-2>
43. Mascarello, C., Sacco, E., Pamato, M., Di Silvestro, D., Bassolino, L., Cervelli, C., & Ruffoni, B. (2017). *Rosmarinus officinalis* L.: micropropagation and callus induction for cell biomass development. *Acta Horticulturae*, (1155), 631–636. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2017.1155.92>
44. Melnyk, C. W. (2023). Quantitative regeneration: Skoog and Miller revisited. *Quantitative Plant Biology*, 4, e10. <https://doi.org/10.1017/qpb.2023.9>
45. Mitrofanova, I. V., Chirkov, S. N., Lesnikova-Sedoshenko, N. P., Chelombit, S. V., Zakubanskiy, A. V., Rabotyagov, V. D., & Mitrofanova, O. V. (2017). Micropropagation of *Lavandula angustifolia* Mill. 'Record' and 'Belyanka.' *Acta Horticulturae*, 1187, 37–42. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2017.1187.4>
46. Mitrofanova, I. V., Lesnikova-Sedoshenko, N. P., Chelombit, S. V., Zhdanova, I. V., Ivanova, N. N., & Mitrofanova, O. V. (2022). The effect of plant growth regulators on the *in vitro* regeneration capacity in some horticultural crops and rare endangered plant species. *Acta Horticulturae*, 1339, 181–190. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2022.1339.24>
47. Nacheva, L., Dimitrova, N., & Berova, M. (2022). Effect of LED lighting on the growth of micropropagated pear plantlets (*Pyrus communis* L. OHF 333). *Acta Horticulturae*, 1337, 9–16. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2022.1337.2>
48. Papafotiou, M., & Martini, A. N. (2016). *In Vitro* Seed and Clonal Propagation of the Mediterranean Aromatic and Medicinal Plant *Teucrium capitatum*. *HortScience*, 51(4), 403–411. <https://doi.org/10.21273/hortsci.51.4.403>

49. Papafotiou, M., Vlachou, G., & Martini, A. N. (2023). Investigation of the Effects of the Explant Type and Different Plant Growth Regulators on Micropropagation of Five Mediterranean *Salvia* spp. Native to Greece. *Horticulturae*, 9(1), 96. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9010096>
50. Pawłowska, B., Żupnik, M., Szewczyk-Taranek, B., & Cioć, M. (2018). Impact of LED light sources on morphogenesis and levels of photosynthetic pigments in *Gerbera jamesonii* grown *in vitro*. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 59(1), 115–123. <https://doi.org/10.1007/s13580-018-0012-4>
51. Prerostova, S., Dobrev, P. I., Gaudinova, A., Knirsch, V., Körber, N., Pieruschka, R., Fiorani, F., Brzobohatý, B., černý, M., Spichal, L., Humplik, J., Vanek, T., Schurr, U., & Vankova, R. (2018). Cytokinins: Their Impact on Molecular and Growth Responses to Drought Stress and Recovery in *Arabidopsis*. *Frontiers in Plant Science*, 9. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00655>
52. Razavi, S. M., Servi, S., Peynevandi, K. M., Ghasemian, A., & Nasrollahi, P. (2019). Callus formation, regeneration and volatile constituents in *Teucrium chamaedrys*. *Journal of Plant Processes and Function*, 8(31), 57-61. <https://jispp.iut.ac.ir/article-1-994-en.pdf>
53. Sakr, S. S., Amin, A. Y., El-Mefay, A., & Eid, N. M. (2018). *In Vitro* comparative study on *Rosmarinus officinalis* L. cultivars. *Middle East Journal of Agriculture Research*, 7(3), 703-715. <https://www.curreweb.com/mejar/mejar/2018/703-715.pdf>
54. Taiz, L., & Zeiger, E. (2002). *Plant physiology*, 3rd edition (pp. 375-402). Sinauer Associates.
55. Vardanyan, A., Mairapetyan, S., Tadevosyan, A., Asatryan, A., Matevosyan, A., & Ghalachyan, L. (2025). Pharmacochemical investigation of *Rosmarinus officinalis* L. cultivated by clonal micropropagation and hydroponic combined method. *Functional Foods in Health and Disease*, 15(1), 19–29. <https://doi.org/10.31989/ffhd.v15i1.1526>
56. Wai, M. M., Lorch-Schierning, E., Perera, A., & Baghalian, K. (2024). Enhancing lavender (*Lavandula angustifolia* Mill.) propagation in vertical farming system: Investigating the impact of LED red-to-blue ratios and subsequent post-potting growth dynamics. *Industrial Crops and Products*, 219, 119107. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2024.119107>
57. Yahya, M. A., Tunali, F., Killi, D., & Sökmen, A. (2024). Phenolic Profile and Volatiles of *in vitro* Propagated *Lavandula angustifolia* Mill. Seedlings. *Phyton*, 93(3), 427–444. <https://doi.org/10.32604/phyton.2024.046271>
58. Yegorova, N., Kruglova, N., Galin, I., & Stavtzeva, I. (2020). Induction of morphogenesis in the callus culture of *Lavandula angustifolia* Mill. *BIO Web of Conferences*, 24, 00098. <https://doi.org/10.1051/bioconf/20202400098>

3. Навести допринос тезе у рјешавању изучаваног предмета истраживања:

Ова дисертација има вишеструки допринос рјешавању проблема производње садног материјала код три значајне врсте из породице Lamiaceae. Научни допринос се огледа се у:

- истраживању интерактивног ефекта биљних регулатора раста и LED извора свјетлости на микропропацију,
- тестирању mT као алтернативе 6-BAP-у код циљних врста, за које подаци у литератури не постоје или су врло ограничени,
- генерисању експерименталних података који могу послужити као основа за стандардизацију микропропационих протокола.

На овај начин дисертација доприноси допуни постојећег научног знања у области расадничке производње, са посебним фокусом на производњу предосновног и основног садног материјала.

4. Навести очекивани научни и практични односно умјетнички допринос дисертације:

Очекивани научни допринос се може идентификовати кроз:

- унапређење разумијевања морфо-физиолошких одговора биљака на различите комбинације биљних регулатора раста и свјетлосних услова,
- развој иновативних и одрживих протокола за микропропацију, заснованих на научно валидираним параметрима,

- допринос развоју теоријског оквира за примјену LED технологије и нових биљних регулатора раста у *in vitro* култури.

Очекивани практични допринос обухвата:

- примјењивост протокола у комерцијалној производњи садног материјала лаванде, рузмарина и подубице,
- повећање униформности и квалитета садног материјала у расадничарској пракси,
- смањење трошкова производње и побољшање репродуктивног потенцијала ових врста у хортикултурној производњи.

Развијени протоколи се потенцијално могу прилагодити и другим врстама из породице *Lamiaceae*, чиме се додатно повећава њихов значај у будућим истраживањима и пракси.

1. Укратко описати разлоге због којих су истраживања предузета и представити проблем, предмет, циљеве и хипотезе³.
2. На основу прегледа литературе, сажето приказати резултате претходних истраживања у вези проблема који је истраживан (водити рачуна о томе да обухвата најновија и најзначајнија сазнања из те области код нас и у свијету).
3. Навести допринос тезе у рјешавању изучаваног предмета истраживања.
4. Навести очекивани научни и практични односно умјетнички допринос дисертације.

5. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОДОЛОГИЈА РАДА

1. Описати и дати основне карактеристике материјала који је обрађиван, критеријуме који су узети у обзир за избор материјала:

Истраживање је реализовано у Лабораторији за сертификацију сјемена и садног материјала (Одјељење за *in vitro* културу) Института за хортикултуру, Пољопривредног факултета Универзитета у Бањој Луци, у периоду од децембра 2019. до маја 2023. године. У експерименту су анализиране три биљне врсте из породице *Lamiaceae*: лаванда (*Lavandula angustifolia* Mill.), рузмарин (*Rosmarinus officinalis* L.) и подубица (*Teucrium chamaedrys* L.). Избор ових врста заснован је на њиховом великом економском, фитофармацеутском и хортикултурном значају, као и на практичним изазовима који прате њихову конвенционалну производњу – попут слабе клијавости сјемена, неуједначеног квалитета садног материјала и проблема са укорјењавањем резница. Експлантати су добијени од *in vitro* сијанаца узгојених на MS подлози без додатка биљних регулатора раста, док је стабилизација сјеменских култура извршена на MS подлози са додатком 0,5 mg/L 6-BAP. Сјеме за експеримент је уступљено из Банке биљних гена Републике Српске (Институт за генетичке ресурсе, Универзитет у Бањој Луци). Прије *in vitro* иницијације, сјеме је било потопљено у раствор гиберелинске киселине (GA₃) у концентрацији 0,2 g/L у трајању од 48 h, након чега је извршена површинска стерилизација сјемена. Сјеме је најприје потопљено у 70% раствор етил-алкохола (C₂H₅OH) у трајању од двије минуте, након чега је пребачено у 15% раствор натријум-хипохлорита (NaClO) са додатком двије капи детерџента за суђе у трајању од 15 минута. Стерилисано сјеме је испрано три пута у стерилисаној дестилованој води.

Експериментална поставка обухватила је фазе мултипликације, *in vitro* укорјењавања и *ex vitro* аклиматизације. Експлантати су узгајани у Ерленмајер тиквицама, запремине 100 ml, на 40 ml MS хранљиве подлоге, припремљене са додатком потребних макро- и микроелемената, витамина, шећера и агара, а pH је подешен на 5,8 прије аутоклавирања на 120°C у трајању од 15 min. Експлантати су одржавани у условима константног температурног режима (21 ± 1 °C), фотопериода од 16 сати свјетлости и 8 сати таме, уз четири типа освјетљења: флуоресцентно и три типа LED свјетлости (црвено, плаво, те комбинација црвеног и плавог). Интензитет свјетлости, изражен у $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$, измјерен је помоћу SpotOn® Quantum PAR Light Meter уређаја, чиме је обезбијеђена прецизна контрола фотосинтетски активне радијације.

Дужина изданака и корјенова мјерена је путем дигиталне анализе фотографија калибрисаних и обрађених у Fiji софтверу (*ImageJ*), чиме је осигурана висока тачност и поновљивост мјерења. Поред

³ Хипотезе приказати само за научни докторат.

морфометријских података, анализирани су и свјежа и сува маса експлантата, број нових изданак, број нодуса, проценат укорјењавања, број и дужина корјенова, као и проценат преживљавања биљака након аклиматизације у контролисаним условима у стакленику.

Експеримент је постављен по моделу потпуно случајног распореда са три понављања. Сваки третман укључивао је три Ерленмајер тиквице са по пет експлантата, што је резултовало обимном експерименталном базом података – укупно 420 експлантата у фази мултипликације и 480 у фази *in vitro* укорјењавања по врсти и понављању. Укупан број третмана у фази мултипликације је био 28 (7 комбинација биљних регулатора раста $\times$ 4 свјетлосна режима) и 32 у фази *in vitro* укорјењавања (8 комбинација биљних регулатора раста $\times$ 4 свјетлосна режима).

2. Дати кратак увид у примијењени метод истраживања, при чему је важно оцијенити сљедеће:

2.1. Методологија истраживања је у потпуности усклађена са савременим научним достигнућима на свјетском нивоу, како у погледу лабораторијске опреме и техничке прецизности, тако и у погледу биометричке обраде података. Посебна пажња посвећена је прецизном квантификању морфолошких карактеристика.

2.2. Није било одступања од првобитног плана истраживања.

2.3. Обим експеримента, број третмана, примијењене методе и квалитативни надзор чине основу за доношење поузданих и валидних закључака, док интеграција експерименталних и аналитичких приступа осигурава висок ниво научне и практичне релевантности резултата.

2.4. За биометричку обраду резултата кориштена је двофакторијална анализа варијансе (ANOVA) у софтверу SPSS v.26, а за вишеструка поређења примијењен је Тукијев тест значајних разлика (енгл. Tukey's HSD) при нивоу значајности $p < 0,05$. У случајевима када подаци нису испуњавали претпоставке нормалности резидуала и/или хомогености варијације, као и у случајевима изражено неравномјерног броја података унутар појединачних комбинација третмана, кориштена је непараметарска ART (Aligned Rank Transform) метода, која омогућава тестирање интеракција у мултифакторијалним експериментима, уз задржавање интерпретабилности ANOVA приступа. Ова анализа је спроведена у статистичком окружењу R v.4.4.3, кориштењем пакета ARTool и emmeans, уз корекцију Тукијевом методом, при нивоу значајности $p < 0,05$. Основне дескриптивне биометричке вриједности су дате за све испитиване параметре, а приказане су као аритметичка средина ($\bar{X}$) $\pm$ стандардна грешка аритметичке средине ($S_{\bar{x}}$) и коефицијент варијације (V_k).

1. Описати и дати основне карактеристике материјала који је обрађиван, критеријуме који су узети у обзир за избор материјала.
2. Дати кратак увид у примијењени метод истраживања, при чему је важно оцијенити сљедеће:
 - 2.1. Да ли су примијењене методе истраживања адекватне, довољно тачне и савремене, имајући у виду достигнућа на том пољу у свјетском оквиру;
 - 2.2. Образложити евентуалне измјене првобитног плана истраживања;
 - 2.3. Да ли је обим истраживања довољан за доношење поузданих закључака или је потребно проширити постојеће или увести нове методе;
 - 2.4. Да ли је статистичка обрада података адекватна, ако је коришћена при обради резултата.

6. РЕЗУЛТАТИ И НАУЧНИ/УМЈЕТНИЧКИ ДОПРИНОС ИСТРАЖИВАЊА

1. Укратко навести резултате до којих је студент дошао:

Добијени резултати су показали да и појединачни фактори и њихова међусобна интеракција значајно утичу на раст, развој и регенерацију експлантата, при чему су уочене јасне разлике између третмана, што потврђују и високе вриједности коефицијената детерминације и ефекта третмана код већине испитиваних параметара. Резултати су приказани одвојено за сваку врсту и за сваки параметар понаособ (текстуално, табеларно и помоћу графикана), док је дискусија обрађена као засебно поглавље и такође представљена појединачно за сваку врсту. Оваква структура поглавља Резултати истраживања и

Дискусија проистиче из чињенице да се ради о различитим биљним врстама које припадају различитим родовима, због чега није захвално вршити директна поређења резултата.

Лаванда (*Lavandula angustifolia* Mill.): У фази мултипликације највећа свјежа маса је забиљежена под комбинацијом црвеног и плавог LED свјетла у третману са 1,0 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA ($277,21 \pm 6,62$ mg), док је највећа сува маса забиљежена под истим извором свјетлости у третману са 1,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA. Црвено LED свјетло је показало најбољи утицај на број нових иданака у третману са 1,5 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA ($2,56 \pm 0,06$), односно на дужину изданака у третману са 0,1 mg/L NAA и без додатих цитокинина ($45,99 \pm 1,03$ mm). Супротно томе, број нодуса је био највиши под флуоросцентним свјетлом у третману са 0,1 mg/L NAA и без додатих цитокинина ($10,43 \pm 0,16$). Ови резултати указују на повољан утицај црвеног дијела спектра у фази мултипликације лаванде, иако је истовремено забиљежено изражено издуживање изданака са продуженим интернодијама, које су биле 2 до 2,5 пута дуже у односу на остале изворе свјетлости. Генерално посматрано, mT је био ефикаснији од 6-BAP-а у фази мултипликације, што показују и максималне вриједности наведених параметара. Додатак цитокинина и повећање њихове концентрације у хранљивој подлози позитивно су утицали на компактнији развој експлантата. Током фазе *in vitro* укорјењавања, највиши проценат укорјењавања ($57,75 \pm 5,88$ %), највећи број корјенова ($3,35 \pm 0,23$) и највећа дужина коријена ($63,16 \pm 2,33$ mm) постигнути су примјеном 0,1 mg/L mT + 0,5 mg/L IBA у комбинацији са црвеним LED свјетлом. Ова комбинација третмана је такође резултирала и највишом стопом преживљавања биљака у *ex vitro* условима, чиме је потврђена њена свеобухватна ефикасност ($51,11 \pm 5,88$ %).

Рузмарин (*Rosmarinus officinalis* L.): У фази мултипликације највећа свјежа маса и број нодуса су забиљежени под плавим LED свјетлом у третману са 1,0 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA ($88,05 \pm 2,94$ mg), односно у третману са 0,1 mg/L NAA без додатих цитокинина ($3,91 \pm 0,08$). Под флуоросцентним свјетлом, у третману са 1,0 mg/L mT + 0,1 mg/L NAA, експлантати рузмарина су имали највећу суву масу ($12,89 \pm 0,55$ mg) и највећи број нових изданака ($2,07 \pm 0,04$). С друге стране, најдужи изданци су формиран на експлантатима узгајаним под црвеним LED свјетлом у MS подлози са 0,1 mg/L NAA и без додатих цитокинина ($13,16 \pm 0,37$ mm). mT се показао ефикаснијим од 6-BAP-а у већини третмана, нарочито у погледу броја нових изданака, што је статистички потврђено високом значајношћу ($p < 0,001$). Плаво LED свјетло се издвојило као најповољнији извор свјетлости за стимулацију раста свјеже масе и броја нодуса, док је црвено свјетло имало израженији утицај на издуживање изданака. Дужина изданака била је највећа у третманима без цитокинина, што указује на инхибиторни ефекат цитокинина на елонгацију. Током фазе *in vitro* укорјењавања, највиши проценат укорјењавања ($80,00 \pm 5,77$ %), највећи број корјенова ($3,92 \pm 0,15$) и највећа дужина коријена ($75,77 \pm 1,35$ mm) постигнути су примјеном 0,1 mg/L mT + 0,5 mg/L IBA у комбинацији са плавим LED свјетлом. Ова комбинација третмана је такође резултирала и највишом стопом преживљавања биљака у аклиматизацији, чиме је потврђена њена свеобухватна ефикасност ($71,13 \pm 4,43$ %).

Подубица (*Teucrium chamaedrys* L.): У фази мултипликације највећа свјежа и сува маса, као и највећи број нових изданака постигнути су на MS хранљивој подлози са додатком 1,5 mg/L 6-BAP + 0,1 mg/L NAA, под комбинацијом црвеног и плавог LED свјетла (свјежа маса), флуоросцентним свјетлом (сува маса), односно под црвеним LED свјетлом (број нових изданака). Најдужи изданци су формиран под црвеним LED свјетлом у третману са 0,1 mg/L NAA и без додатих цитокинина, док је највећи број нодуса забиљежен у истом третману под флуоросцентним свјетлом. Ове разлике потврђују запажање да различити свјетлосни спектри регулишу специфичне фотоморфогенетске одговоре код подубице, слично као код других врста, као и да црвено LED свјетло изазива издуживање изданака. Генерално посматрано, 6-BAP је био ефикаснији од mT-а у фази мултипликације, што показују и максималне вриједности наведених параметара. Примјена комбинације флуоросцентног свјетла са 0,1 mg/L mT + 0,5 mg/L IBA је резултирала највећим процентом укорјењавања ($80,00 \pm 3,85$ %), док је плаво LED свјетло у комбинацији са 0,1 mg/L 6-BAP + 0,5 mg/L IBA резултирало највећом дужином коријена ($108,12 \pm 2,51$ mm). С друге стране, комбинација флуоросцентног свјетла са MS подлогом са додатком 0,1 mg/L mT и без додатог ауксина је имала најбољи ефекат на број корјенова ($4,17 \pm 0,30$) и стопу преживљавања ($60,00 \pm 7,70$ %). mT се показао учинковитијим од 6-BAP-а када је ријеч о проценту укорјењавања и броју формираних корјенова, без обзира на тип свјетла, док је 6-BAP био ефикаснији у стимулацији издуживања коријена. Током фазе *in vitro* укорјењавања, највиши проценат укорјењавања ($80,00 \pm 5,77$ %), највећи број корјенова ($3,92 \pm 0,15$) и највећа дужина коријена ($75,77 \pm 1,35$ mm) постигнути су примјеном 0,1 mg/L mT + 0,5 mg/L IBA у комбинацији са плавим LED свјетлом.

Ова комбинација третмана је такође резултирала и највишом стопом преживљавања биљака у аклиматизацији, чиме је потврђена њена свеобухватна ефикасност ($71,13 \pm 4,43 \%$).

2. Оцијенити да ли су добијени резултати јасно приказани, правилно, логично и јасно тумачени, упоређујући их са резултатима других аутора и да ли је студент при томе испољавао довољно критичности:

Резултати су јасно приказани, аналитички обрађени и статистички валидирани кроз ANOVA и ART методологије, које су омогућиле поуздану процјену и у условима одступања од претпоставки параметарских тестова. Табеларни и графички прикази резултата додатно доприносе разумијевању интеракција између третмана, док су интерпретације резултата досљедне, логичне и утемељене на квантитативним подацима.

Кандидат је показао висок степен критичности у тумачењу резултата, нарочито у препознавању ограничења примијењених третмана и варијабилности одговора експлантата. На примјер, у објашњењу умањене дужине изданака под вишим концентрацијама цитокинина, разматрана је могућност инхибиторног дејства на елонгацију, а не само укупни раст. Такође је истакнут потенцијални утицај формирања калуса на мјерења биомасе, што указује на сложеност биљних одговора.

3. Посебно је важно истаћи до којих нових сазнања се дошло у истраживању, који је њихов теоријски и практични допринос, те да ли указују на нове правце истраживања:

Истраживање је донијело неколико нових сазнања од теоријског и практичног значаја. Прво, потврђена је висока ефикасност mT као алтернативе 6-BAP-у, што доприноси развоју микропропагацијских протокола који минимизирају нежељене ефекте попут витрификације и инхибиције коријена. Друго, документован је позитиван утицај LED свјетла као ефикасне алтернативе флуоросцентним свјетиљкама, нарочито код лаванде и рузмарина. Треће, јасно је показано да је пажљиво одабрана комбинација биљних регулатора раста и извора свјетлости од изузетног значаја за производњу висококвалитетног садног материјала испитиваних врста.

На основу ових резултата, отвара се могућност за даља истраживања у правцу оптимизације спектралног састава свјетлости у реалним производним условима, као и тестирања сличних третмана код других врста из породице Lamiaceae. Додатно, будућа истраживања могу се фокусирати на молекуларне и биохемијске одговоре биљака на третмане, како би се дубље разумјеле физиолошке основе уочених морфогенетских промјена.

1. Укратко навести резултате до којих је студент дошао.
2. Оцијенити да ли су добијени резултати јасно приказани, правилно, логично и јасно тумачени, упоређујући их са резултатима других аутора и да ли је студент при томе испољавао довољно критичности.
3. Посебно је важно истаћи до којих нових сазнања се дошло у истраживању, који је њихов теоријски и практични допринос, те да ли указују на нове правце истраживања.

7. ЗАКЉУЧАК И ПРИЈЕДЛОГ

Добијени резултати јасно указују на то да спектар светлости и биљни регулатори раста имају значајан и међусобно зависан утицај на све фазе *in vitro* културе, али се ефекти ових фактора разликују у зависности од врсте, развојне фазе и специфичних морфолошких параметара.

Истраживање је потврдило да синергија између спектралног састава свјетлости и биљних регулатора раста има кључну улогу у оптимизацији свих фаза микропропагације, од мултипликације до укорјењавања и аклиматизације. Правилно усклађивање ових фактора, у зависности од биљне врсте и фазе развоја, омогућава ефикаснију производњу виталних и морфолошки уједначених биљака. Овакав приступ представља основу за успостављање стандардизованих, али и флексибилних протокола који су прилагодљиви различитим врстама и системима производње. Имплементација оптимизованих *in vitro* протокола може значајно унаприједити комерцијалну микропропагацију кроз смањење трошкова, повећање квалитета садног материјала и већу поузданост у погледу преживљавања биљака у *ex vitro* условима.

На основу добијених резултата могуће је издвојити и специфичне закључке и препоруке за сваку од анализираних врста појединачно, са аспекта производње садног материјала и оптимизације протокола за микропропагацију.

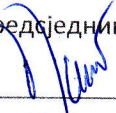
Такође, иако је значајан напредак у разумјевању појединачних ефеката свјетлости и биљних регулатора раста на *in vitro* размножавање, њихова међусобна интеракција још увијек није довољно истражена код економски и еколошки значајних врста као што су лаванда, рузмарин и подубица. У том контексту, резултати овог истраживања представљају вриједан научни и практични допринос развоју ефикасних протокола за производњу висококвалитетног и здравственог садног материјала наведених врста.

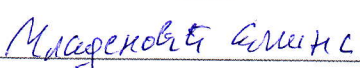
На основу укупне оцјене дисертације под називом „Оптимизација протокола за микропропагацију љековитих и украсних врста из породице *Lamiaceae*“, комисија са задовољством предлаже да се дисертација прихвати, а студенту одобри одбрана.

1. Навести најзначајније чињенице које указују на научни/уметнички допринос дисертације.
2. На основу укупне оцјене дисертације, комисија предлаже:
 - да се дисертација / уметнички рад прихвати, а студенту одобри одбрана,
 - да се дисертација / уметнички рад враћа студенту на дораду (да се допуни или измијени) или
 - да се дисертација / уметнички рад одбија.

Мјесто и датум: Бања Лука – Нови Сад, 04.04.2025. године


проф. др Гордана Ђурић, редовни професор
Предсједник комисије


проф. др Борис Пашалић, редовни професор
Члан


проф. др Емина Младеновић, ванредни професор
Члан

Име и презиме, титула и звање
Члан

Име и презиме, титула и звање
Члан

ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ

**Изјављујем
да је докторска дисертација**

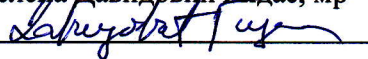
Наслов рада Оптимизација протокола за микропропацију љековитих и украсних врста из породице Lamiaceae

Наслов рада на енглеском језику Optimization of Micropropagation Protocols for Medicinal and Ornamental Species from the Lamiaceae Family

- ☒ резултат сопственог истраживачког рада,
- ☒ да докторска дисертација, у цјелини или у дијеловима, није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- ☒ да су резултати коректно наведени и
- ☒ да нисам кршио/ла ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

У Бањој Луци, дана 04.04.2025. године

Потпис докторанта
Јелена Давидовић Гидас, мр



Изјава 2

Изјава којом се овлашћује Универзитет у Бањој Луци да докторску дисертацију учини јавно доступном

Овлашћујем Универзитет у Бањој Луци да моју докторску дисертацију под насловом
Оптимизација протокола за микропропагацију љековитих и украсних врста из породице
Lamiaceae

која је моје ауторско дјело, учини јавно доступном.

Докторску дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату
погодном за трајно архивирање.

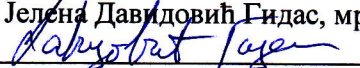
Моју докторску дисертацију похрањену у дигитални репозиторијум Универзитета у
Бањој Луци могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце
Креативне заједнице (*Creative Commons*) за коју сам се одлучио/ла.

- ☐ Ауторство
- ☐ Ауторство – некомерцијално
- ☐ Ауторство – некомерцијално – без прераде
- ☒ Ауторство – некомерцијално – дијелити под истим условима
- ☐ Ауторство – без прераде
- ☐ Ауторство – дијелити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци
дат је на полеђини листа).

У Бањој Луци, дана 04.04.2025. године

Потпис докторанта
Јелена Давидовић Гидас, мр



Изјава 3

Изјава о идентичности штампане и електронске верзије докторске дисертације

Име и презиме аутора Јелена Давидовић Гидас, мр

Наслов рада Оптимизација протокола за микропропагацију љековитих и
укусних врста из породице Lamiaceae

Ментор проф. др Свјетлана Зељковић

Изјављујем да је штампана верзија моје докторске дисертације идентична електронској верзији коју сам предао/ла за дигитални репозиторијум Универзитета у Бањој Луци.

У Бањој Луци, дана 04.04.2025. године

Потпис докторанта
Јелена Давидовић Гидас, мр

