

## УТИЦАЈ БАКТЕРИЈСКИХ ТРЕТМАНА НА ДВОГОДИШЊЕ САДНИЦЕ ХРАСТА КИТЊАКА (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl)

САЊА ЈОВАНОВИЋ<sup>1</sup>  
АЛЕКСАНДАР ЛУЧИЋ  
ЉУБИНКО РАКОЊАЦ  
ВЛАДАН ПОПОВИЋ

**Извод:** Бактерије које поспешују раст биљака су разноврсна група бактерија које директним и индиректним механизмима благодетно утичу на развој биљака и представљају варијанту зелених решења, као замена за пестициде и хемијска ђубрива. У овом раду испитиван је ефекат две бактеријске врсте на висину, пречник кореновог врата, њихов однос и прираст код двогодишњих садница храста китњака у току једне вегетационе сезоне. Мерења су вршена помичним кљунастим мерилом и лењиром. Добијени подаци су приказани алатима дескриптивне статистике, а ефекат бактерија испитан једнофакторијалном анализом варијансе (АНОВА). Сви статистички тестови вршени су у програму Призма. Резултати указују на позитивно дејство обе бактеријске врсте на поменуте особине садница. Статистички значајно повећање пречника кореновог врата, као и његовог прираста забележено је код третмана бактеријом *Viridibacillus arvi*. Добијени резултати охрабрују даље истраживање ове теме, као и испитивање ефекта бактерија на саднице након пресађивања на терен.

**Кључне речи:** бактерије, храст китњак, саднице, Србија

THE INFLUENCE OF BACTERIAL TREATMENT ON TWO-YEAR-OLD SESSILE  
OAK (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl) SEEDLINGS

**Abstract:** Plant growth promoting bacteria are a diverse group of bacteria that have beneficial effect on plant development through different direct and indirect mechanisms, providing an eco-friendly substitution for pesticides and chemical fertilizers. This study examines the effect of two bacterial species on the height, root collar diameter, their ratio and increment of two-year-old sessile oak seedlings during a single growing season. Measurements were taken using a Vernier caliper and a ruler. The obtained data were presented using descriptive statistics tools, and bacterial effect was examined through one-way analysis of variance (ANOVA). All statistical tests were performed using the Prism program. The results indicated a positive effect of both bacterial species on the tested seedling traits. Statistically significant increase of root collar diameter and its increment was observed with the treatment of the *Viridibacillus arvi* bacterium. The obtained results encourage further research of this topic, as well as the examination of bacterial effects on seedlings after transplantation into the field.

**Keywords:** bacteria, sessile oak, seedlings, Serbia

---

<sup>1</sup> Сања Јовановић, истраживач-сарадник, др Александар Лучић, виши научни сарадник, др Љубинко Ракоњац, научни савешњик, др Владан Поповић, виши научни сарадник, Институт за шумарство, Београд, Србија

## 1. УВОД

Последњих деценија проблем загађења животне средине и деструкције природних екосистема добија на све већој важности. Посебно место заузимају шуме, као „плућа планете”, које су интензивно крчене од памтивека. Како природна обнова шума више не може пратити брзину сеча и експлоатације дрвета, пошумљавања су постала једно од главних активности програма различитих зелених агенди, светских и локалних, потпомогнутих чак и привредним гранама којима то није примарна делатност. Стога се и на светском тржишту јавља све већа потреба за квалитетним садницама различитих врста дрвећа. У шумским расадницима међу најзначајнијим факторима који утичу на квалитет садница су супстрат и вештачка ђубрива (Landis, T.D., 1985). Међутим, спознаја о штетним ефектима и токсичности хемијских ђубрива и пестицида по животну околину (Alengebawu, A. *et al.*, 2021; Bebber, D.P, Richards, V.R. 2022 ), отворила је простор за зелена решења, међу којима су биођубрива и биостимуланси. Овај концепт заснива се на различитим микроорганизмима и њиховим производима који помажу раст биљака. Бактерије које промовишу раст биљака (енг. „Plant growth-promoting bacteria”, PGPB) чине разноврсну групу бактерија које живе на површини биљака, или унутар њихових тела и органа, представљајући значајну компоненту холобионта биљке (Sanchez-Cañizares, C. *et al.* 2017). Благодетни ефекат огледа се у стимулацији раста биљака, плодоношење, повећање отпорности и толерантности на различите патогене и екстремне услове животне средине. Такође утичу на архитектуру корена (Grover, M. *et al.*, 2021), подржавајући биљни развој и благостање. Бактерије су потенцијално значајне и у борби са климатским променама, будући да повећавају адаптивност биљака на неповољне услове средине, помажући им да преброде тешке периоде, (Abdelaal, K. *et al.*, 2021; Fiodor, A. *et al.*, 2021). Механизам дејства бактерија које промовишу раст биљака заснива се на директним путевима преко производње хормона (ауксин, цитокинин, гиберелин), ензима, киселина које растварају лимитирајуће елементе, сидерофоре, блокаторе синтезе етилена, а многе од њих су азотофиксатори (Glick, B.R., 2012). Индиректан механизам огледа се у интерспецијском такмичењу где бактерије посредно, на више начина помажу свог биљног домаћина (Fira, D. *et al.* 2018; Olanrewaju, O.S. *et al.*, 2017).

Бактерије које промовишу раст биљака имају велики потенцијал за примену у шумарству, јер представљају вид „зелене” алтернативе за вештачка ђубрива и пестициде, међутим он није довољно истражен (Puri, A. *et al.*, 2020). Србија има 29,1% покривеност шумама, на основу званичних података, (Banković, S. *et al.*, 2009) и планира да настави њено повећање. У шумском фонду Србије храст китњак (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl) једна је од најцењенијих врста дрвећа. Има широк еколошки опсег и расте на надморским висинама од 300 до 1300 m. Дрво китњака има изврсна техничка својства, па се користи у многим гранама привреде. Његов значај једнако је велики

и у еколошком смислу, с обзиром да је едификатор бројних типова шума које имају носећу улогу читавих екосистема и станишта су за главне врсте дивљачи. С обзиром да се ради о аутохтоној европској врсти, будућност китњака у контексту климатских промена врло је важна за целу Европу. Више студија је предвидело да ће се његов ареал проширити (Mette, T. *et al.*, 2013; Stimm, K. *et al.*, 2021), будући да је китњак отпорнији на сушу у поређењу са другим врстама храстова Европе. Китњак је једна од најчешће гајених врста у шумским расадницима Србије (Pirović, V. *et al.*, 2019).

Протеклих деценија шуме храста китњака Републике Србије се суочавају са интензивним одумирањем и тај тренд се наставља до данашњих дана, услед више физиолошких узрочника, повезаних са старошћу. Слаб успех природне обнове додатно отежава ситуацију, па је нужност за мерама вештачке регенерације изразито наглашена, као и потреба за садницама врхунског квалитета, које ће одговорити условима терена. Производња шумских садница је кључна за успешно успостављање здравих, економски профитабилних шумских састојина са високим приносом у будућности (Binotto, A.F. *et al.*, 2010). Приликом процене квалитета садница, висина изданка и пречник кореновог врата су главни морфолошки параметри стања контејнерских садница и садница са слободним кореном (Grossnickle, S.C., MacDonald, J.E., 2018; Ivetić, V. *et al.*, 2017). За опстанак саднице на терену, једни од првих изазова јесу купловање у хидролошки циклус новог екосистема и конкуритивна околна вегетација (Grossnickle, S.C., Ivetić, V., 2022; Pernot, C. *et al.*, 2019). Како би биљке успешно превазишле ове потешкоће, кључне су одлике корена и задовољавајућа висина изданка. Ове морфолошке особине су, према Grossnickle, S.C., MacDonald, J.E., (2018), значајни маркери преживљавања у будућности, с обзиром да се саднице налазе у стању трансплантационог шока одмах након пресађивања, што онемогућава њихов даљи континуирани развој, већ условљава да оне задрже ове карактеристике током одређеног временског периода. Од степена развијености ове две особине може зависити брзина повезивања јединке у нови екосистем, па тако и њен даљи напредак и опстанак.

Циљ овог истраживања је испитивање ефекта бактеријских третмана на висину и пречник кореновог врата садница, њихов однос, као и на њихов годишњи прираст код двогодишњих садница храста китњака, као главних параметара у процени квалитета станица.

## 2. МАТЕРИЈАЛ И МЕТОД РАДА

Двогодишње саднице храста китњака коришћене у овом истраживању су произведене од жирева из природних шумских састојина источне Србије. Саднице су гајене у мешовитом тресету (Freepat, Холандија) у расаднику Института за шумарство у условима полусенке, а заливане су сваког другог дана.

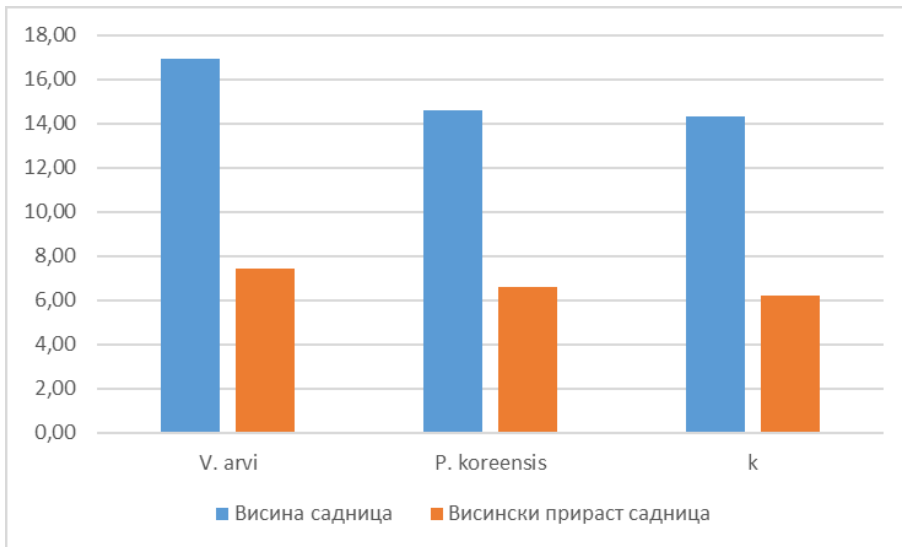
Две бактеријске врсте – *Viridibacillus arvi* и *Pseudomonas koreensis*, коришћене у третманима садница, изоловане су из узорака ризосфере из природних састојина храста китњака, и тестиране су у лабораторији *in vitro* на особине промоције раста биљака (необјављени резултати), које су и потврдиле.

Тридесет садница по третману је инокулисано са по 10 ml бактеријског препарата крајем маја, стерилним шприцем. Додатне количине вештачких ђубрива, или пестицида нису коришћене. Сваки од два бактеријска третмана садржао је живе ћелије одабраних бактеријских врста ( $10^8$  cfu/ml) у сланом раствору. У контроли је коришћена вода са чесме.

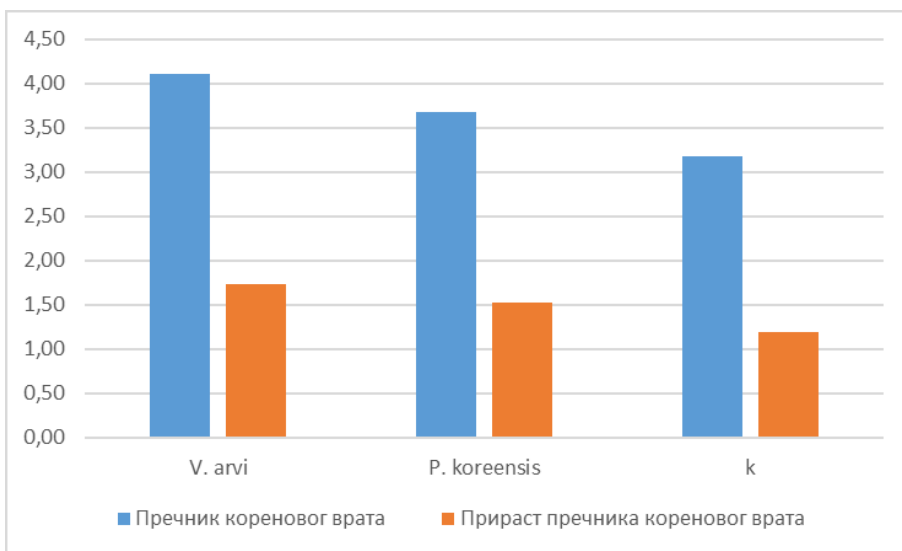
На крају вегетационе сезоне, висина садница је мерена помоћу лењира прецизности 0,5 cm. Пречник врата корена садница мерен је помоћу дигиталног помичног кљунастог мерила, прецизности 0,1 mm. На основу израчунатих вредности, одређен је Ролеров коефицијент једрине, као однос висине саднице и пречника кореновог врата. Морфолошке карактеристике садница описане су алатима дескриптивне статистике. Једнофакторијална анализа варијансе (АНОВА) праћена Данетовим тестом је примењена у анализи ефекта бактеријских третмана. Све статистичке анализе обављене су у програму „GraphPad Prism version 9.0.0”.

### 3. РЕЗУЛТАТ ИСТРАЖИВАЊА И ДИСКУСИЈА

На графицима 1 и 2 приказане су средње вредности висине и пречника кореновог врата двогодишњих садница храста китњака са годишњим прирастима у односу на бактеријске третмане. Максимална средња вредност висине садница измерена је у групи третираној бактеријом *V. arvi* и износи 16,92 cm, док је најмања средња вредност измерена код контролних садница и износи 14,32 cm. Такође, максимална забележена вредност висине била је 30,5 cm код саднице из групе бактерија третираних *V. arvi*, а најмања у садници из контролне групе и износила је 7 cm. Вредност стандардне девијације се креће од 4,02 у групи третираних бактеријом *P. koreensis*, до 4,95 код садница третираних *V. arvi*. Највећа средња вредност пречника кореновог врата садница је измерена у групи третираној бактеријом *V. arvi* и износи 4,11 mm, а најмања код биљака из контролне групе – 3,17 mm. Највећа индивидуална вредност 6,46 mm, забележена је код саднице из групе третираних бактеријом *V. arvi*, а најмања у контролној групи, 1,71 mm. Вредности коефицијента варијабилности за особину висине саднице се крећу од 27,55% (*P. koreensis* третман) до 31,80% (контролни третман). Вредности коефицијента варијабилности за особину пречника кореновог врата садница се крећу од 23,11% (*V. arvi* третман) до 27,91% (*P. koreensis* третман). Средње вредности коефицијента једрине садница храста китњака са стандардним девијацијама и коефицијентима варијације су приказани у Табели 1.



**График 1.** Средње вредности укупне висине (cm) двогодишњих садница храста китњака и њиховог годишњег прираста (cm) у односу на бактеријски третман  
**Graph 1.** Mean total height values (cm) and mean height increment values of two-year-old sessile oak seedlings depending on bacterial treatment



**График 2.** Средње вредности пречника кореновог врата (mm) и његовог годишњег прираста (mm) двогодишњих садница храста китњака у односу на бактеријски третман  
**Graph 2.** Mean root collar diameter (mm) and mean root collar diameter increment values (mm) of two-year-old sessile oak seedlings depending on bacterial treatment

Просечни висински прираст двогодишњих садница китњака се кретао од 6,2 cm у контролној групи до 7,45 cm у групи третираној бактеријом *V. arvi*. Средње вредности прираста пречника кореновог врата се крећу од 1,20 mm (контролни третман) до 1,73 mm (третман бактеријом *V. arvi*)

**Табела 1.** Однос висине и пречника кореновог врата двогодишњих садница храста китњака.

**Table 1.** The sturdiness quotient (SQ) of two-year-old sessile oak seedlings.

SQ								
V. arvi			P. koreensis			Control		
M	SD	CV	M	SD	CV	M	SD	CV
4,28	1,46	34,09	4,16	1,27	30,67	4,62	1,32	28,60

M – средња вредност, SD – стандардна девијација, CV – коефицијент варијације  
M – mean value, SD – standard deviation, CV – coefficient of variation

Како би истражили ефекат бактеријских третмана на измерене вредности карактеристика раста биљака, примењена је једнофакторијална анализа варијансе (АНОВА) (Табеле 2 и 3).

**Табела 2.** Анализа варијансе за особину висине двогодишњих садница храста китњака.

**Table 2.** Analysis of variance for the height of two-year-old sessile oak seedlings.

Параметар	SS	DF	MS	F	Р вредност
Третман	122,1	2	61,04	2,980	0,0560
Остатак	1782	87	20,48		
Укупно	1904	89			

**Табела 3.** Анализа варијансе за особину пречник кореновог врата двогодишњих садница храста китњака

**Table 3.** Analysis of variance for the root collar diameter of two-year-old sessile oak seedlings.

Параметар	SS	DF	MS	F	Р вредност
Третман	13,32	2	6,660	7,646	0,0009
Остатак	75,78	87	0,8711		
Укупно	89,10	89			

**Табела 4.** Анализа варијансе за прираст висине двогодишњих садница храста китњака.

**Table 4.** Analysis of variance for the height increment of two-year-old sessile oak seedlings.

Параметар	SS	DF	MS	F	P вредност
Третман	24,17	2	12,09	1,097	0,3386
Остатак	958,9	87	11,02		
Укупно	983,1	89			

**Табела 5.** Анализа варијансе за прираст пречника кореновог врата двогодишњих садница храста китњака.

**Table 5.** Analysis of variance for the root collar diameter increment of two-year-old sessile oak seedlings.

Параметар	SS	DF	MS	F	P вредност
Третман	4,376	2	2,188	3,585	0,0319
Остатак	53,10	87	0,6104		
Укупно	57,48	89			

Gu, Y. *et al.* (2020) показали су да бактерија *Pseudomonas koreensis* продукује амонијак, сидерофоре, протеазе, амилазе и целулазе. Такође, до повећања свеже масе биљке *Arabidopsis* и развоја њених бочних коренова дошло је као последица третмана овом бактеријом, а испољено је и антагонистичко дејство према патогеној гљиви. Третман бактеријом *P. koreensis* IGPEB 17 значајно повећава висину биљке, број листова, дужину и ширину, у поређењу са контролним третманом код биљке *Zingiber officinale* (Jabborova, D., 2022). *Viridibacillus arvi* је први пут описана као нова врсту изолована из земљишта од стране Neyrman, J. *et al.* (2005), а потом је рекласификована од Albert, R.A. *et al.* (2007). Оба изолата поменутих врста су у нашем лабораторијском истраживању испољила особине промоције раста биљака (необјављени резултати). У расадничком тесту све бактерије су имале позитивно дејство на све испитиване особине садница. Највише средње вредности забележене су у третману бактеријом *V. arvi*. Саднице третиране бактеријом *V. arvi* имале су статистички значајно више вредности пречника кореновог врата у односу на контролу. Такође, годишњи прираст пречника кореновог врата је код ових садница био статистички значајно већи у односу на контролу.

За процену квалитета садница могу се користити морфолошке и физиолошке карактеристике биљака (Mattsson, A., 1997). Међу највише коришћеним морфолошким параметрима за процену квалитета садница су пречник у кореновом врату и висина (Stilinović, S., 1960). Мерење ова два параметра је брзо, једноставно и не доводи до оштећења садница. Међутим, ова два директно мерена параметра нису довољна за процену квалитета (Haase, D.L., 2008). Зато се користи и Dickson-ов индекс квалитета (Dickson, A. *et*

al., 1960), који повезује висину, пречник и масу саднице у апсолутно сувом стању. Пречник у кореновом врату једногодишњих садница горског јавора се препоручује као добар показатељ квалитета, јер је утврђена јака корелативна веза са већином посматраних морфолошких параметара (Pороvić, V. et al., 2015). У истраживањима која су обавили Vinotto, A.F. et al. (2010) утврђено је да је пречник у кореновом врату у јакој корелацији са индексом квалитета и препоручен је као најбољи појединачни морфометријски показатељ квалитета садница. Пречник у кореновом врату садница је значајан за предвиђање раста и развоја након пресађивања саднице на терену (Mattsson, A., 1996, Rawat, J. S., Singh, T. P., 2000, Davis, A. S., Jacobs, D.F., 2005) и метод мерења је једноставан у односу на мерења параметара потребних за израчунавање индекса квалитета. Висина садница и пречник у кореновом врату, као директно мерени параметри су у јакој корелативној вези са индексом квалитета као најобухватнијим показатељем квалитета садница и добри су показатељи квалитета једногодишњих садница горског јавора (Pороvić, V. et al., 2017). Висина садница и пречник у кореновом врату су добри показатељи квалитета, нарочито пречник због јачих корелативних веза са осталим мереним морфолошким параметрима, па се он може препоручити као добар показатељ квалитета једногодишњих садница сладуна (Pороvić, V. et al., 2018). Према Ivetić, V. et al. (2016), ниске вредности односа висине и пречника кореновог врата указују на већи потенцијал садница да преживе након трансплантационог шока, мада има и другачијих резултата (Tsakaldimi, M. et al., 2012; Devetaković, J. et al., 2017). У овом раду све средње вредности односа висине и пречника кореновог врата су релативно сличне, а најмања је забележена у третману бактеријом *P. koreensis*.

Имајући у виду животни век храстова, јуvenilне фазе раста и развића су можда превише ран период за мерење и процену ефекта бактеријских третмана. Нека истраживања су указала да је благодетни ефекат бактерија које промовишу раст биљака често видљивији у неповољним условима животне средине након преношења на терен (Aguilera-Torres, C. et al., 2023).

#### 4. ЗАКЉУЧЦИ

Резултати добијени у овом истраживању показали су да су бактеријски третмани двоогодишњих садница храста китњака позитивно утицали на висину биљака и пречник кореновог врата. У свим третманима вредности поменутих параметара биљака биле су повећане у односу на контролу, мада нису сва повећања била и статистички значајна. Биљке третиране бактеријом *V. arvi* имале су статистички значајно повећање пречника кореновог врата и у годишњем прирасту и у укупном расту испитиваних биљака. Добијени резултати охрабрују даље истраживање бактерија и њиховог ефекта на раст и развој садница китњака. Даље истраживање наставити на већем узорку биљака и са више укључених параметара раста. Такође, раст биљака и њихово преживљавање би требало испитати након преношења и садње на терену.



Найомена: Овај рад је реализован у оквиру Уговора о реализацији и финансирању научноистраживачкој рада НИО у 2023. години, које финансира Министарство просвете, науке и технолошкој развоја Републике Србије, бр. 451-03-47/2023-01/ 200027 из 2023. године.

## ЛИТЕРАТУРА

- Aguilera-Torres, C., Riveros, G., Morales, L.V., Sierra-Almeida, A., Schoebitz, M., Hasbún, R. (2023): *Front. Microbiol.*, 13:1062414.
- Abdelaal, K., AlKahtani, M., Attia, K., Hafez, Y., Király, L., Künstler, A. (2021): The role of plant growth-promoting bacteria in alleviating the adverse effects of drought on plants, *Biology(Basel)*, 10(6):520.
- Albert, R.A., Archambault, J., Lempa, M., Hurst, B., Richardson, C., Gruenloh, S., Duran, M., Worliczek, H.L., Huber, B.E., Roselló-Mora, R., Schumann, P., Busse, H-J. (2007): Proposal of *Viridibacillus* gen. nov. and reclassification of *Bacillus arvi*, *Bacillus arenosi* and *Bacillus neidei* as *Viridibacillus arvi* gen. nov., comb. nov., *Viridibacillus arenosi* comb. nov. and *Viridibacillus neidei* comb. nov., *International journal of systematic and evolutionary microbiology*, 57, 2729-2737.
- Alengebawy, A., Abdelkhalek, S.T., Qureshi, S.R., Wang, M-Q. (2021): Heavy Metals and Pesticides Toxicity in Agricultural Soil and Plants: Ecological Risks and Human Health Implications, *Toxics*, 9(3):42
- Banković, S., Medarević, M., Pantić, D., Petrović, N., Šljukić, B., Obradović, S. (2009): The growing stock of the Republic of Serbia – state and problems, *Bulletin of the Faculty of Forestry*, 100:7-30.
- Binotto, A.F., Lúcio, A.D.C., Lopes, S.J. (2010): Correlations between growth variables and the Dickson quality index in forest seedlings, *Cerne*, 16(4):457-464.
- Bebber, D.P, Richards, V.R. (2022): A meta-analysis of the effect of organic and mineral fertilizers on soil microbial diversity, *Applied soil ecology*, 175:104450.
- Davis , A.C., Jacobs , D.F (2005): Quantifying root system quality of nursery seedlings and relationship to outplanting performance. *New Forests* 30 (295-311).
- Devetaković, J, Maksimović, Z., Ivanović, B., Baković, Z., Ivetić, V. (2017): Stocktypeeffect on field performance of Austrian pine seedlings. *Reforesta* 4: 21-26. [dx.doi.org/10.21750/REFOR.4.03.42](https://doi.org/10.21750/REFOR.4.03.42)
- Dickson, A., Leaf, A. L., Hosner, J. F. (1960): Seedling quality – soil fertility relationships of white spruce and red and white pine in nurseries. *Forest Chron.* 36., 237-241.
- Fiodor, A., Singh, S., Pranaw, K. (2021): The contrivance of plant growth promoting microbes to mitigate climate change impact in agriculture, *Microorganisms*, 9(9):1841.
- Fira, D., Dimkić, I., Berić, T., Lozo, J., Stanković, S. (2018): Biological control of plant pathogens by *Bacillus* species, *Journal of biotechnology*, 285:44-55.
- Glick, B.R. (2012): Plant growth-promoting bacteria: mechanisms and applications, *Scientifica (Cairo)*, 2012(5):963401.
- Grossnickle, S.C., MacDonald, J.E. (2018): Seedling quality: history, application, and plant attributes. *Forests*, 9(5):283.
- Grossnickle, S.C., Ivetić, V. (2022): Root system development and field establishment: effect of seedling quality. *New Forests*, 53(5):1021–1067, DOI: 10.1007/s11056-022-09916-y
- Grover, M., Bodhankar, S., Sharma, A., Sharma, P., Singh, J., Nain, L. (2021): PGPR Mediated Alterations in Root Traits: Way Toward Sustainable Crop Production, *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4:618230. doi: 10.3389/fsufs.2020.618230

- Gu, Y., Ma, Y., Wang, J., Xia, Z., Wei, H. (2020): Genomic insights into a plant growth-promoting *Pseudomonas koreensis* strain with cyclic lipopeptide-mediated antifungal activity, *Microbiologyopen*, 9(9):e1092.
- Haase, D.L. (2008): Understanding Forest Seedling Quality: Measurements and Interpretation. *Tree Planters' Notes*. 52 (2) (24-30).
- Heyrman, J., Rodríguez-Díaz, M., Devos, J., Felske, A., Logan, N.A., De Vos, P. (2005): *Bacillus arenosi* sp. nov., *Bacillus arvi* sp. nov. and *Bacillus humi* sp. nov., isolated from soil, *International Journal of systematic and evolutionary microbiology*, 55(1): 111-117.
- Ivetić, V., Maksimović, Z., Kerkez, I., Devetaković, J. R. (2017): Seedling Quality in Serbia—Results from a Three-Year Survey. *Reforesta* 4: 27-53.
- Ivetić, V., Grossnickle, S., Škorić, M. (2016): Forecasting the field performance of Austrian pine seedlings using morphological attributes. *iForest* 10: 99-107. doi: 10.3832/ifer1722-009.
- Jaborova, D. (2022): The effects of *Pseudomonas koreensis* IGPEB 17 and arbuscular mycorrhizal fungi on growth and physiological properties of ginger, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 46:488-495.
- Landis, T.D. Mineral nutrition as an Index of Seedling Quality. In *Evaluating Seedling Quality: Principles, Procedures, and Predictive Abilities of Major Tests*; Duryea, M.L., Ed.; Forest Research Laboratory, Oregon State University: Corvallis, OR, USA, 1985; pp. 29–48.
- Mattsson, A. (1996): Predicting field performance using seedling quality assessment. *New Forests* 13: 223-248.
- Mattsson, A. (1997): Predicting field performance using seedling quality assessment. *New Forests* 13: 227-252.
- Mette, T., Dolos, K., Meinardus, C., Brauning, A., Reineking, B., Blaschke, M., Pretzsch, H., Beierkuhnlein, C., Gohlke, A., Wellstein, C. (2013): Climatic turning point for beech and oak under climate change in Central Europe, *Ecosphere* 4(12):art145.
- Olanrewaju, O.S., Glick, B.R., Babalola, O.O. (2017): Mechanisms of action of plant growth promoting bacteria, *World J Microbiol Biotechnol.*, 33(11):197.
- Pernot, C., Thiffault, N., DesRochers, A. (2019): Root system origin and structure influence planting shock of black spruce seedlings in boreal microsites, *Forest Ecology and Management*, 433: 594-605.
- Popović, V., Ćirković-Mitrović, T., Lučić, A., Rakonjac, Lj., Ratknić, M. (2015): Odnos morfoloških pokazatelja kvaliteta jednogodišnjih sadnica gorskog javora (*Acer pseudoplatanus* L.). *Šumarstvo* 4, 67-74.
- Popović, V., Ćirković-Mitrović T., Brašanac-Bosanac Lj., Rakonjac, Lj., Lučić, A. (2017): Morphological characteristics and variability of the seedlings of the sycamore maple (*Acer pseudoplatanus* L.). VIII International Scientific Agriculture Symposium "AGROSYM 2017". Jahorina, October 05 - 08, 2017. Pp. 2664-2670.
- Popović, V., Rakonjac, Lj., Lučić, A. (2018): Morphological characteristics as quality indicators of one-year-old seedlings of Hungarian oak (*Quercus frainetto* Ten). International conference Reforestation Challenges. 20-22 June 2018, Belgrade, Serbia. *Reforesta*. pp. 37.
- Popović, V., Lučić, A., Rakonjac, Lj., Kerkez-Janković, I. (2019): Analysis of morphological quality of one year old bare root sessile oak (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl) seedlings, *Sustainable forestry*, 79-80:23-31.
- Puri, A., Padda, K.P., Chanway, C.P. (2020): *In vitro* and *in vivo* analyses of plant-growth-promoting potential of bacteria naturally associated with spruce trees growing on nutrient-poor soils, *Applied soil ecology*, 149:103538.
- Rawat, J.S., Singh, T.P. (2000): Seedling indices of four tree species in nursery and their correlations with field growth in Tamil Nadu, India. *Agroforest System* 49: 289-300.
- Sanchez-Cañizares, C., Jorrín, B., Poole, P.S., Tkacz, A. (2017): Understanding the holobiont: the interdependence of plants and their microbiome, *Current Opinion in Microbiology*, 38:188-196.

- Stilinović, S. (1960): Razmatranja o primeni nekih metoda za procenjivanje kvaliteta sadnog materijala u našim uslovima. Šumarstvo 13 (1-2), časopis za šumarstvo i drvnu industriju. Beograd, Društvo šumarskih inženjera i tehničara SR Srbije (49-55).
- Stimm, K., Heym, M., Uhl, E., Tretter, S., Pretzsch, H. (2021): Height growth-related competitiveness of oak (*Quercus petraea* (Matt.) Liebl. and *Quercus robur* L.) under climate change in Central Europe. Is silvicultural assistance still required in mixed species stands? Forest Ecology Management, 482:118780.
- Tsakalidimi, M., Ganatsas, P., Jacobs, D.F. (2012): Prediction of planted seedling survival of five Mediterranean species based on initial seedling morphology. New Forest 44:327-339. doi: 10.1007/s11056-012-9339-3.

THE INFLUENCE OF BACTERIAL TREATMENT ON TWO-YEAR-OLD SESSILE OAK  
(*Quercus petraea* (Matt.) Liebl) SEEDLINGS

*Sanja Jovanović*  
*Aleksandar Lučić*  
*Ljubinko Rakonjac*  
*Vladan Popović*

Summary

Plant growth promoting bacteria are a diverse group of bacteria that have beneficial effect on plant development through different direct and indirect mechanisms, providing an eco-friendly substitution for pesticides and chemical fertilizers. The possibility of their application in forestry has not been sufficiently investigated. Sessile oak is one of the most valuable species in the Serbian forest growing stock. This paper examines the effect of two bacteria on height, root collar diameter, their ratio and increment of two-year-old sessile oak seedlings during a single growing season. Measurements were taken using a Vernier caliper and a ruler. The obtained data were presented using descriptive statistics tools, and bacterial effect was examined through one-way analysis of variance (ANOVA). All statistical tests were performed using the Prism program. The results indicated a positive effect of both bacterial species on the tested seedling traits. Seedlings treated with bacteria showed better outcomes than the control ones. Statistically significant increase of root collar diameter and its increment were observed with the treatment of the *Viridibacillus arvi* bacterium. The obtained results encourage further research of this topic, as well as the examination of the bacterial effect on seedlings after their transplantation into the field, along with a greater number of growth parameters included in the study.

