

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ УНИВЕРЗИТЕТА У БЕОГРАДУ – БИОЛОШКОГ ФАКУЛТЕТА

На VI редовној седници Наставно-научног већа Универзитета у Београду – Биолошког факултета, одржаној 14. 04. 2026. године, на основу молбе ментора, др Љиљане Костић Крављанац, вишег научног сарадника Универзитета у Београду – Института за мултидисциплинарна истраживања и др Милорада Вујичића, ванредног професора Универзитета у Београду – Биолошког факултета, одређена је комисија за преглед и оцену докторске дисертације **Маје М. Траиловић**, истраживача сарадника Универзитета у Београду – Института за мултидисциплинарна истраживања, под насловом **“Физиолошки и молекуларни механизми мобилизације и транспорта фосфора код винове лозе (*Vitis spp.*)”**, у следећем саставу: др Мирослав Николић, научни саветник Универзитета у Београду – Института за мултидисциплинарна истраживања; др Тијана Цветић Антић, ванредни професор Универзитета у Београду – Биолошког факултета; и др Славица Тодић, редовни професор Универзитета у Београду – Пољопривредног факултета. Комисија је прегледала урађену докторску дисертацију кандидаткиње и Наставно-научном већу Универзитета у Београду – Биолошког факултета подноси следећи

ИЗВЕШТАЈ

Општи подаци о докторској дисертацији

Докторска дисертација Маје М. Траиловић, под насловом “Физиолошки и молекуларни механизми мобилизације и транспорта фосфора код винове лозе (*Vitis spp.*)”, написана је на српском језику, латиничним писмом, на 94 нумерисаних страна и садржи 30 слика (од чега 19 претежно комплексних графичких приказа резултата и један оригинални схематски приказ), 23 табеле и 262 цитирана литературна извора. Дисертација је подељена у следећа поглавља: 1. Увод (18 стр.), 2. Циљеви истраживања (1 стр.), 3. Материјал и методе (13 стр.), 4. Резултати (35 стр.), 5. Дискусија (10 стр.), 6. Закључци (1 стр.) и 7. Литература (16 стр.). Без нумерације, на почетку дисертације налази се насловна страна на српском и енглеском језику, затим страна са информацијама о менторима и члановима комисије, захвалница, резиме са кључним речима на српском и енглеском језику, списак објављених радова проистеклих из докторске дисертације, и садржај. Поред наведеног, на крају су приложени: биографија аутора и прописане изјаве (о ауторству, о истовестности штампане и електронске верзије докторске дисертације и о коришћењу).

Докторска дисертација Маје М. Траиловић представља оригинално и иновативно истраживање из области физиологије минералне исхране винове лозе, која је урађена у Лабораторији за исхрану биљака, Универзитета у Београду – Института за мултидисциплинарна истраживања, док су трогодишњи пољски експерименти изведени у винограду Винарије Доја у Доњој Јошаници (Блаце).

Анализа докторске дисертације

Поглавље **Увод** почиње са упознавањем цивилизацијског и економског значаја гајења винове лозе, а затим следи детаљан преглед литературе о значају фосфора у исхрани биљака, где се разматра његова мобилност и динамика у земљишту, као и адаптације биљака на ниску доступност фосфора у земљишту, укључујући морфолошке адаптације корена и низ биохемисјких адаптација које заједнички доприносе повећаној мобилизацији фосфора у земљишту. Посебно се разматра кључни механизам адаптација на услове ниске обезбеђености земљишта приступачним фосфором, излучивања (ексудација) карбоксилата из корена у ризосферу, укључујући транскрипциону регулацију њихове анаплеротичке биосинтезе, посредством фосфоенолпируват карбоксилазе (PEPC), као и њиховог излучивања у ризосферу кроз ALMT (“*Aluminum-Activated Malate Transporter*”) и MATE (“*Multidrug and Toxic Compound Extrusion*”) транспортере за органске анијоне. Даље следи разматрање хемизама којим карбоксилати, првенствено цитрат и малат мобилишу фосфор у земљишту, укључујући хелирање и размену лиганата метала који имобилишу фосфатне анијоне, и стога повећавају растворљивост фосфата. Кандидаткиња даље разматра механизме усвајања и транспорта фосфата, и даје детаљан приказ фосфатних (PHT1) транспортера посредством којих се фосфор, у облику фосфатних анијона (H_2PO_4^- или HPO_4^{2-}) усваја кореном из ризосфере и даље премешта у надземне органе биљака, односно одговарајућих гена (*PHT1;1–8*) који ове транспортере кодирају. Затим се разматра физиолошки значај фосфора код винове лозе, са посебним освртом на његову динамику током вегетације и генотипске разлике сорти европске винове лозе (*Vitis vinifera*) и лозних подлога (*Vitis* spp.) у захтевима за овим есенцијалним макроелементом. Читаоци се даље упознају са употребом фосфатних ђубрива у свету, као и чињеницом да ће њихова примена у будућности бити значајно смањена, имајући у виду да ће светске резерве сирових фосфата бити потрошене за свега 60 до 200 година. У овом делу разматра се и способност различитих усева да ефикасно искористе фосфор из минералних фосфатних ђубрива, као и последице акумулације фосфата у земљишту и штетног утицаја на околину (нпр. еутрофикација површинских вода). Кандидаткиња даље разматра улогу силицијума у исхрани биљака и даје приказ литературе о физиолошкој улози силицијума код биљака изложених стресу, са посебним освртом на специфичност његовог деловања у условима недостатка фосфора. Кандидаткиња посебно разматра досадашња сазнања о улози силицијума у исхрани винове лозе и примени ђубрива на бази овог корисног минералног елемента у виноградарству. Ово поглавље завршава се разматрањем интеракција фосфора и силицијума у систему земљиште–биљка, са закључком да недостају свеобухватна истраживања о механизмима мобилизације и транспорта фосфора код винове лозе у пољским условима током вегетације, док сазнања о физиолошким и молекуларним механизмима којима силицијум поспешује те процесе код ове биљке још увек нема.

У поглављу **Циљеви истраживања**, кандидаткиња је прецизно и концизно артикулисала следеће главне циљеве својих истраживања: 1) разјашњавање механизма којима се калемљена винова лоза прилагођава недостатку фосфора са становишта физиолошких и молекуларних механизма, који су укључени у мобилизацију фосфора из ризосфере, његово усвајање кореном подлоге (*Vitis* spp.), као и његову прераспodelу и

акумулацију у листу племке (*Vitis vinifera*); и 2) разјашњавање механизма којима силицијум делује на процесе мобилизације фосфора из ризосфере, његовог усвајања кореном и акумулације у листу. Поред главних циљева, додатни циљ од значаја за праксу јесте да се у пољским условима процени ефикасност начина ђубрења силицијумом, преко земљишта и фолијарно (преко листа), као одржива алтернатива примени фосфатних ђубрива у виноградарству.

У поглављу **Материјал и методе** наведене су физичке и хемијске карактеристике земљишта и временске карактеристике експерименталног локалитета (винограда), као и карактеристике биљног материјала (сорта винове лозе Шардоне и лозна подлога Кобер 5ББ). Описана је конструкција ризотрона у винограду, који су омогућили узорковање ексудата корена и ризосферног земљишта у кључним фенофазама (цветање, пораст бобица до величине зрна грашка и шарак) током три вегетационе сезоне, и приказан је дизајн пољских експеримената, са детаљним описом три засебна експеримента и временом узорковања. Такође су јасно и концизно описане процедуре свих лабораторијских аналитичких метода које су коришћене приликом израде ове докторске дисертације, уз навођење литературних извора где је то било неопходно. Такође су наведене и секвенце гена, спецификације уређаја и нестандартних хемикалија. На крају су наведене и статистичке методе за обраду података и графички приказ резултата. Све методе коришћене у изради ове докторске дисертације су акурентне и прецизно наведене, тако да омогућавају репродукцију свих експеримената и мерења.

У поглављу **Резултати**, које је логички подељено у три потпоглавља која одговарају претходно поменути пољским експериментима, представљени су оригинални резултати спроведених истраживања. У првом потпоглављу (*Сезонска динамика ефикасности усвајања и искоришћавања фосфора код винове лозе*) приказани су трогодишњи резултати концентрација фосфора и одабраних макро- и микроелемената у листу винове лозе, рН-вредности и фракција неорганског фосфора, као и концентрација приступачних облика одбраних макро- и микроелемената у ризосферном и околном земљишту природно сиромашном у приступачном фосфору. Затим следи приказ сезонске динамике интензитета излучивања карбоксилата, посебно цитрата и малата, из корена у ризосферу, као и релативне експресије гена који су укључени у анаплеротичку биосинтезу органских киселина (*VvPEPC*), односно кодирају анијонске транспортере за ефлукс малата и цитрата из корена (*VvALMT1*). На крају је приказана сезонска динамика релативне експресије *VvPHT1;1*, *VvPHT1;3a* и *VvPHT1;4a* гена који кодирају фосфатне транспортере у корену и листу. У другом потпоглављу (*Утицај ђубрења силицијумом на сезонску динамику мобилизације и усвајања фосфора код винове лозе*) приказани су резултати који се односе на утицај силицијума (примењеног преко земљишта у облику моносилицијумове киселине) на концентрацију фосфора, силицијума и одбраних макро- и микроелемената у листу винове лозе у поређењу са неђубреним и чокотима ђубреним фосфором. Такође су приказани и резултати сезонске промене градијената концентрација приступачног фосфора и силицијума између ризосферног и околног земљишта, као и концентрације приступачних облика одабраних макро- и микроелемената у ризосферном и околном земљишту. Затим следи приказ резултата који се односе на утицај силицијума на интензитет ексудације цитрата и малата из корена у ризосферу и релативне експресије *VvPEPC* и *VvALMT1* гена у корену винове лозе. На крају овог поглавља је приказан утицај

силицијума на експресију гена који кодирају фосфатне транспортере: *VvPHT1;1*, *VvPHT1;3a* и *VvPHT1;4a* у корену и листу, као и *VvPHT1;2*, у листу. У трећем потпоглављу (*Утицај начина ђубрења силицијумом на динамику мобилизације и усвајања фосфора код винове лозе*), приказани су резултати једногодишњег пољског експеримента који је за циљ имао да се упореди ефикасност начина ђубрења силицијумом (као моносилицијумова киселина), преко земљишта и преко листа (фолијарно) на претходно испитиване параметере. Ови резултати обухватили су концентрације фосфора и силицијума у листу винове лозе, промене градијента концентрација приступачног фосфора и силицијума између ризосферног и околног земљишта, сезонску динамику излучивања цитрата и малата из корена у ризосферу, паралелно са експресијом гена укључених у њихову биосинтезу (*VvPEPC*), односно ефлукс (*VvALMT1*), као и релативну експресију *VvPHT1* гена у корену и листу.

Поглавље **Дискусија** пружа детаљну критичку анализу и интерпретацију резултата добијених овим истраживањима, уз навођење већег броја новије публиковане литературе. Добијени резултати, кроз један интердисциплинарни приступ, дају потпуно нова сазнања о физиолошким и молекуларним механизмима којима калемљена винова лоза, кореном (лозна подлога) мобилише и усваја фосфор и даље га акумулира у листу (племка), а која по први пут објашњавају уочену појаву да се симптоми недостатка фосфора ретко срећу у виноградарској пракси. Ова врло комплексна истраживања спроведена у пољским условима током три вегетационе сезоне, уз узорковања у три кључне фенофазе винове лозе, јасно указују да винова лоза поседује изражену ефикасност у искоришћавању фосфора из земљишта сиромашних у приступачном фосфору, а да ђубрење силицијом преко земљишта поспешује процесе мобилизације фосфора из ризосферног земљишта и његовог усвајања кореном, што представља добру одрживу алтернативу примени фосфатних ђубрива у виноградарству. Са друге стране, фолијарна примена силицијума, иако није имала утицаја на мобилизацију фосфора у ризосфери, допринела је равномернијој прерасподели фосфора у листовима. Дискусија вешто и логички прати след приказаних резултата: у првом делу разматрају се сезонске промене у ефикасности усвајања и искоришћавања фосфора код винове лозе гајене на земљишту природно сиромашном у укупном и приступачном фосфору, а у другом делу се разматра утицај ђубрења силицијумом на процесе мобилизације и усвајања фосфора. Како је ово по први пут приказано деловање силицијума на експресију гена који кодирају фосфатне транспортере у корену и листу винове лозе, кандидатиња посебно критички и полемички разматра тај аспект у светлу сопствених резултата. Затим следи и посебно разматрање једног практичног питања за виноградарску производњу, оцењивање ефикасности различитих начина примене силицијума на исхрану винове лозе фосфором и силицијумом. На крају следи предлог оригиналног механизма физиолошких и молекуларних одговора калемљене винове лозе на низак садржај приступачног фосфора у земљишту и деловања силицијума на те процесе, што заправо представља и коначан одговор на претходно постављене циљеве истраживања.

У поглављу **Закључци**, кандидаткиња износи концизан и јасан преглед најзначајнијих закључака своје докторске дисертације у шест тачака.

Поглавље **Литература** садржи 262 библиографске јединице које су адекватно цитиране у тексту и једнообразно наведене у списку литературе, према стилу часописа *Plant and Soil* (*Springer*).

Радови и конгресна саопштења из докторске дисертације

Б1. Радови у часописима међународног значаја

1. **Trailovic M.**, Kostic Kravljanac L., Stanojevic M., Bosnic P., Nikolic N., Todic S., Nikolic M. (2025): Seasonal dynamics of phosphorus (P) efficiency in grafted Chardonnay grapevines grown under low-P field conditions. *Plant and Soil* 516: 473–489. **(M21a)**
<https://doi.org/10.1007/s11104-025-07738-3>
2. **Trailovic M.**, Kostic Kravljanac L., Stanojevic M., Pavlovic J., Bosnic P., Kostic I., Nikolic M. (2026): Silicon enhances acquisition of phosphorus in grafted grapevines (cv. Chardonnay) grown under field conditions. *Plant and Soil*, <https://doi.org/10.1007/s11104-026-08382-1>
(M21a)

Б3. Конгресна саопштења на скуповима међународног значаја

3. **Trailovic M.**, Kostic Kravljanac LJ., Stanojevic M., Pavlovic J., Nikolic M. (2022): Phosphorus deficiency induced silicon mobilization in grapevine rhizosphere: A field study. 8th International Conference on Silicon in Agriculture, May 23-26, 2022, New Orleans, Louisiana, USA. Conference Proceedings, p. 47. (постер)
4. **Trailović M.**, Kostić Kravljanac Lj., Stanojević M., Radović M., Bosnić P., Pavlović J., Kostić I., Todić S., Nikolić M. (2025): Low phosphorus conditions promote mobilization of silicon in the grapevine rhizosphere. 5th International Conference on Plant Biology and 24th SPPS Meeting, October 3-5, 2024, Srebrno jezero, Serbia. Book of Abstracts, p. 2.5. (постер)
5. **Trailovic M.**, Kostić Kravljanac Lj., Pavlović J., Bosnić P., Stanojević M., Paravinja A., Todić S., Nikolic M. (2025): Silicon enhances seasonal acquisition of phosphorus in Chardonnay grapevines grown under field conditions. 9th International Conference on Silicon in Agriculture, September 15-19, 2025, Belgrade, Serbia. Book of Abstracts, p. 57. (постер)

Провера оригиналности докторске дисертације

На основу Правилника о поступку провере оригиналности докторских дисертација које се бране на Универзитету у Београду и налаза у извештају из програма *iThenticate* индекс подударности текста износи 26%. Након детаљног увида у извештај и даљом анализом података, подударност је износила 4%. Такође је утврђено да су појединачна поклапања испод 1%. Највећи број поклапања односио се на списак литературе коју је кандидаткиња користила у својој докторској дисертацији. У складу са чланом 8. став 2. Правилника, ментори др Љиљана Костић Крављанац, виши научни сарадник Универзитета у Београду – Института за мултидисциплинарна истраживања и др Милорад Вујичић, ванреди професор, Универзитет у Београду – Биолошки факултет, закључили су да извештај указује на оригиналност докторске дисертације кандидаткиње Маје М. Траиловић, под насловом “Физиолошки и молекуларни механизми мобилизације и транспорта фосфора код винове лозе (*Vitis spp.*)” и препоручују да се прописани поступак припреме за њену одбрану може наставити.

Мишљење и предлог комисије

Увидом у докторску дисертацију Маје М. Траиловић закључујемо да она представља оригиналан и значајан научни допринос у области минералне исхране биљака, да је написана јасним научним стилем, да је у складу са образложењем наведеним у пријави теме, и да садржи све релевантне елементе према стандардима Универзитета у Београду. Постављени циљеви истраживања су успешно реализовани, што се јасно види у приказаним резултатима на основу којих је на крају предложен модел физиолошких и молекуларних механизма укључених у одговор калемљене винове лозе на низак садржај приступачног фосфора у земљишту и деловања силицијума на те процесе. Делови ове докторске дисертације (два оригинална научна рада) су публиковани у угледном међународном часопису из релевантних научних области (биологија биљака и агрономија) са дугом традицијом. Оригиналност ове докторске дисертације огледа се не само у комбиновању вишегодишњих пољских и лабораторијских истраживања, већ и у решавању теоретских (физиолошки и молекуларни механизми укључени у мобилизацију и транспорт фосфора код калемљене винове лозе) и практичних проблема ђубрења винограда фосфором, чије су глобалне резерве за производњу фосфатних минералних ђубрива на измаку, а посебно у алтернативној исхрани винове лозе силицијумом, који повећава ефикасност искоришћавања фосфора при његовом недостатку у земљишту.

На основу свега изложеног, комисија са задовољством предлаже Наставно-научном већу Универзитета у Београду – Биолошког факултета да прихвати овај извештај, те кандидаткињи **Маји М. Траиловић** одобри јавну одбрану докторске дисертације под насловом **“Физиолошки и молекуларни механизми мобилизације и транспорта фосфора код винове лозе (*Vitis spp.*)”**.

У Београду, 15. 04. 2026. године

КОМИСИЈА:

др Мирослав Николић, научни саветник
Универзитет у Београду – Институт за
мултидисциплинарна истраживања

др Тијана Цветић Антић, ванредни професор
Универзитет у Београду – Биолошки факултет

др Славица Тодић, редовни професор
Универзитет у Београду – Пољопривредни факултет