Факултет Пољопривредни

УНИВЕРЗИТЕТ У БЕОГРАДУ

Веће научних области
биотехничких наука

32/6-5.1.
(Број захтева)

(Назив већа научне области коме се захтев упућује)

30.03.2022.
(Датум)

З А Х Т Е В

за давање сагласности на одлуку о прихватању теме докторске дисертације и о одређивању ментора

Молимо да, сходно члану 47. ст. 5. тач. 3. Статута Универзитета у Београду ("Гласник Универзитета", број 186/15-пречишћени текст и 189/16), дате сагласност на одлуку о прихватању теме докторске дисертације:

„Кружење силицијума и биосеквестрирање угљеника у систему земљиште-биљка на моделу чернозема под пшеницом“
(пун назив предложене теме докторске дисертације)

НАУЧНА ОБЛАСТ Мелиорације земљишта

ПОДАЦИ О КАНДИДАТУ:

1. Име, име једног од родитеља и презиме кандидата:
Тијана, Боривоје, Дубљанин

2. Претходно образовање (назив и седиште факултета, студијски програм):
Универзитет у Београду
Пољопривредни факултет, Пољопривреда

3. Година завршетка претходног нивоа студија: 2019.

4. Година уписа на докторске студије: 2019/2020.

5. Назив студијског програма докторских студија: Пољопривредне науке, модул Мелиорације земљишта

ПОДАЦИ О ПРВОМ МЕНТОРУ:

Име и презиме ментора: др Александар Ђорђевић

Звање: редовни професор

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Vukasinovic, I., Todorovic, D., Zivotic Lj., Kaludjerovic, L., Djordjevic, A. (2018): An analysis of naturally occurring radionuclides and Cs-137 in the soils of urban areas using gamma-ray spectrometry. International Journal of Envirnomental Science and Technology 15: 1049-1060. (M22, IF2020 2,860)

2. Zivotic, Lj., Radmanovic, S., Gajic, B., Mrvic, V., Djordjevic, A. (2017): Classification and spatial distribution of soils in the foot and toe slopes of mountain Vukan, East-Central Serbia. Catena 159: 70-83. (M21a; IF 5,198)

3. Stanisic-Stojic, S., Ignjatovic, Lj., Popov, S., Skrivanj, S., Djordjevic, A., Stojic, A. (2016): Heavy metal accumulation in wheat and barley: The effects of soil presence and liquid manure amendment. Plant Biosystems 150: 104-110. (M22; IF2020 2,842)

4. Sarap, N., Rajacic, M., Djalovic, I., Seremesic, S., Djordjevic, A., Jankovic, M., Dakovic, M. (2016): Distribution of natural and artificial radionuclides in chernozem soil/crop system from stationary experiments. Environmental Science and Pollution Research 23: 17761-17773. (M21; 4,223)

5. Perovic, V., Zivotic Lj., Kadovic, R., Djordjevic, A., Jaramaz, D., Mrvic, V., Todorovic, M. (2013): Spatial modelling of soil erosion potential in a mountainous watershed of South-eastern Serbia. Environmental Earth Science 68: 115-128. (M22; IF 2,784)

ПОДАЦИ О ДРУГОМ МЕНТОРУ:

Име и презиме ментора: др Јелена Павловић

Звање: научни сарадник

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Pavlovic, J., Kostic, L., Bosnic, P., Kirkby, E.A., Nikolic M. (2021): Interactions of silicon with essential and beneficial elements in plants. Frontiers in Plant Science 12: 697592. doi: 10.3389/fpls.2021.697592 (M21a; IF2020 5,753) 8
2. Bosnic, D., Nikolic, D., Timotijevic, G., Pavlovic, J., Vaculik, M., Samardzic, J., Nikolic, M. (2019): Silicon alleviates copper (Cu) toxicity in cucumber by increased Cubinding capacity. Plant and Soil 441:629-641. (M21a; IF2020 4,192)
3. Pavlovic, J., Samardzic, J., Kostic, L., Laursen, K. H., Natic, M., Timotijevic, G., Schjoerring, J. K., Nikolic M. (2016): Silicon enhances leaf remobilization of iron in cucumber under limited iron conditions. Annals of Botany 118: 271-280. (M21a; IF2020 4,357)

4. Bityutskii N., Pavlovic J., Yakkonen K., Maksimovic V., Nikolic M. (2014): Contrasting effect of silicon on iron, zinc and manganese status and accumulation of metalmobilizing compounds in micronutrient-deficient cucumber. Plant Physiology and Biochemistry 74: 205-211. (M21; IF2020 4,270)
5. Pavlovic, J., Samardzic, J., Masimovic, V., Timotijevic, G., Stevic, N., Laursen, K. H., Hansen, T. H., Husted ,S., Schjoerring, J. K., Liang, Y., Nikolic, M. (2013): Silicon alleviates iron deficiency in cucumber by promoting mobilization of iron in the root apoplast. New Phytologist 198: 1096-1107. (M21a; IF2020 10,152)

Обавештавамо вас да је Наставно-научно веће Пољопривредног факултета

на седници одржаној 30.03.2022. размотрило предложену тему и закључило да је тема подобна за израду докторске дисертације јер садржи оригиналну идеју и да је од значаја за развој науке, примену њених резултата, односно развој научне мисли уопште.

ДЕКАН ФАКУЛТЕТА

Проф. др Душан Живковић

Прилог 1. Одлука Наставно-научног већа о прихватању теме и одређивању ментора
2. Извештај Комисије

Универзитет у Београду
ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ
Број: 32/6-5.1.
Датум: 30.03.2022. године
БЕОГРАД-ЗЕМУН

На основу члана 51. и 52. Правилника о правилима докторских академских студија и члана 44. Статута Пољопривредног факултета, Наставно-научно веће факултета на седници одржаној 30.03.2022. године, донело је

О Д Л У К У

I **ПРИХВАТА СЕ** тема докторске дисертације коју је поднела **ТИЈАНА ДУБЉАНИН, мастер** и одобрава израда дисертације под насловом: **«КРУЖЕЊЕ СИЛИЦИЈУМА И БИОСЕКВЕСТРИРАЊЕ УГЉЕНИКА У СИСТЕМУ ЗЕМЉИШТЕ-БИЉКА НА МОДЕЛУ ЧЕРНОЗЕМА ПОД ПШЕНИЦОМ».**

II За ментора се именује др Александар Ђорђевић, редовни професор Универзитета у Београду - Пољопривредног факултета.

За другог ментора се именује др Јелена Павловић, научни сарадник Института за мултидисциплинарна истраживања Универзитета у Београду

III На одлуку о прихватању теме докторске дисертације и одређивању ментора сагласност даје одговарајуће Веће научних области Универзитета у Београду.

Образложење

Наставно-научно веће факултета разматрало је и усвојило Извештај о позитивној оцени научне заснованости теме докторске дисертације коју је поднела Тијана Дубљанин, мастер.

Наставно-научно веће факултета је приликом доношења одлуке оцењивало да ли је реч о оригиналној идеји и да ли је тема од значаја за развој науке, примену њених резултата, односно развој научне мисли уопште.

Сходно изнетом одлучено је као у диспозитиву.

П Р Е Д С Е Д Н И К
НАСТАВНО-НАУЧНОГ ВЕЋА
Д Е К А Н

_____
(Проф. др Душан Живковић)

Доставити: кандидату, ментору, Институту за земљиште и мелиорације, Студентској служби и архиви.

Универзитет у Београду
ПОЉОПРИВРЕДНИ ФАКУЛТЕТ
Број: 32/5-3.2
Дана 28.02.2022. године
Београд – Земун

НАСТАВНО-НАУЧНОМ ВЕЋУ ФАКУЛТЕТА

Предмет: ***Извештај Комисије за оцену научне заснованости теме докторске дисертације кандидаткиње Тијане Дубљанин, мастер инжењера пољопривреде***

На основу члана 44., став 1. Правилника о правилима докторских студија Пољопривредног факултета, а на предлог одговарајућег већа катедре и мишљења одговарајућег наставно-научног већа института, Наставно-научно веће факултета, на седници одржаној 23.02.2022. године, донело је одлуку бр. 32/5-3.2 да се образује Комисија за оцену научне заснованости теме докторске дисертације кандидаткиње Тијане Дубљанин, мастер инжењера пољопривреде, под насловом: "Кружење силицијума и биосеквестрирање угљеника у систему земљиште-биљка на моделу чернозема под пшеницом".

Кандидаткиња је дана 28.02.2022. године одбранила пријављену тему докторске дисертације, а истога дана је потписани записник предат у Студентску службу. У име Комисије, председник Комисије др Мирослав Николић, научни саветник (одлука број 12/60, од 24.02.2022.), подноси

И З В Е Ш Т А Ј

1. Основни подаци о кандидату и дисертацији

1.1. Биографија кандидата

Тијана Б. Дубљанин рођена је 23.07.1995. године у Ужицу, где је завршила основну и средњу Медицинску школу. Основне академске студије је завршила на Пољопривредном факултету Универзитета у Београду, на студијском програму Прехрамбена технологија (модул Микробиологија хране). Дипломски рад под називом "Биолошки потенцијал лигниколне гљиве *Daedalea quercina*", одбранила је 2018. године. Мастер академске студије уписала је школске 2018/2019. године на Пољопривредном факултету Универзитета у Београду на Катедри за еколошку микробиологију, студијски програм Пољопривреда (модул Мелиорације земљишта). Мастер рад под називом "Ефикасност симбиозне азотофиксације *Sinorhizobium meliloti* при различитим концентрацијама хрома, никла и олова" одбранила је 2019. године и тиме стекла звање мастер инжењер пољопривреде.

Школске 2019/2020. године уписала је докторске академске студије на Пољопривредном факултету, на студијском програму Пољопривредне науке (модул Мелиорације земљишта). У звање истаживач-приправник изабрана је у октобру 2019. године. Од новембра 2019. године запослена је на Институту за мултидисциплинарна истраживања Универзитета у Београду, где у Лабораторији за исхрану биљака започиње израду своје докторске дисертације. Од 2022. године учествује на пројекту "*Si4Crop*" који финансира Фонд за науку Републике Србије.

1.2 Предлог теме докторске дисертације

Комисија сматра да је предложени наслов теме докторске дисертације "Кружење силицијума и биосеквестрирање угљеника у систему земљиште-биљка на моделу чернозема под пшеницом", добро формулисан и концизан, као и довољно информативан да се из њега може јасно уочити предмет, програм и научни циљ истраживања.

2. Предмет и циљ дисертације

2.1 Предмет и програм истраживања

Угљен диоксид (CO_2) представља главни гас стаклене баште и повезан је са глобалним загревањем. Процењује се, по најгорем сценаријуму, да би до 2050. године, годишња емисија CO_2 са садашњих око 40 милијарди тона могла да се удвостручи (IPCC, 2021). Један од перспективних приступа дугорочне контроле атмосферског CO_2 јесте и копнено биогеохемијско секвестрирање угљеника (Song *et al.,* 2013). Овај процес укључује оклудовање угљеника унутар фитолита, нерастворних полимеризованих творевина силицијум диоксида ($SiO_2 \cdot nH_2O$), познатијих као инертни опал, који су најчешће локализовани испод кутикуле и у зидовима биљних ћелија, као и у лумену ћелија (Hodson, 2019). Око 0,2-5,8% органског угљеника може бити заробљено унутар структуре фитолита у зависности од њихове концентрације (Song *et al*., 2016), а велики удео тог угљеника управо потиче од атмосферског CO_2 фиксираног у процесу фотосинтезе (Yang *et al*., 2020). Фитолити током распадања биљних остатака у земљишту могу да опстану непромењени дужи временски период, чак и до преко хиљаду година (Sommer *et al.*, 2013).

Силицијум је други по заступљености минерални елемент у земљишту, после кисеоника. У природи је најчешће присутан у облику силицијум диоксида или силикатних минерала; примарни силикати (нпр. кварц) се углавном јављају у фракцијама песка, док су секундарни силикати концентровани у фракцији глине, као резултат педогенетских процеса (Pontigo *et al*., 2015). У земљишном раствору силицијум се налази у облику недисосоване ортосилицијумове киселине (H_4SiO_4), која је једини облик силицијума доступан биљкама (Yan *et al*., 2018). Излучивање органских киселина представља једну од најважнијих стратегија корена у обезбеђивању приступачних облика фосфора и других хранива у земљишту (Lambers *et al.*, 2015). Међутим, још увек није јасно да ли корен својим излучевинама (ексудатима), и под којим условима може да повећа приступачност силицијума у ризосфери (de Tombeur *et al*., 2021).

У биљном свету постоје велике разлике у акумулацији силицијума (Hodson *et al.*, 2005), која је претежно одређена различитим механизмима усвајања силицијума кореном (Nikolic *et al.*, 2007). Силицијум је једини, до сада, познати елемент који испољава позитиван ефекат код биљака које су изложене различитим облицима абиотичког (суша, високе и ниске температуре, ултраљубичасто зрачење, салинитет, тешки метали, недостатак и вишак хранива) и биотичког (болести и штеточине) стреса (Pavlovic *et al*., 2021). Имајући у виду да је обезбеђивање стабилног приноса пшенице у контексту климатских промена и нарастајућег стреса околине један од највећих изазова овог века (Le Gouis *et al.*, 2020), исхрана пшенице силицијумом постаје од изузетног значаја.

Фитолити се најчешће формирају у епидермису листа, а њихова функција у биљним ткивима јесте махом структурна (механичка чврстоћа) и заштитна (одбрана од

патогених гљива и биљоједа). Такође, фитолитне творевине помажу биљкама да превазиђу и различите облике абиотичког стреса, као што су суша и ултраљубичасто зрачење (Liang *et al., 2015*). Након разлагања биљних остатака, фитолити се ослобађају у земљишту, а њихова неорганска природа (SiO_2) помаже им да опстану у добро очуваном стању током дужег временског периода (Nawaz *et al*., 2019). Веома мали део фитолита у земљишту је ипак подложан распадању, што представља дугорочни извор приступачног силицијума за биљке (de Tombeur *et al.*, 2020). Процењено је да се фитолити у земљиштима суптропских и тропских области задржавају у неизмењеном стању од 433 до 1018 година (Zhang *et al*., 2017), док се у умеренијим, сувљим и хладнијим климатима тај период вишеструко увећава. Дакле, у поређењу са органским угљеником у земљишту, који се разлаже у значајно краћем временском периоду, угљеник оклудован фитолитима могао би имати значајан потенцијал за дуготрајно секвестрирање угљеника у земљишту. Процењује се да чак 82% од укупног угљеника присутног у добро дренираним земљиштима након хиљаду година декомпозиције органске материје чини управо онај оклудован фитолитима (Parr *et* Sullivan, 2005). Процењује се, такође, да акумулација угљеника оклудованог фитолитима износи 15-37% глобалне средњорочне (на миленијумској скали) стопе укупне акумулације угљеника у земљишту од 2,4 g m^{-2}, што указује да је овај процес од изузетног значаја за глобално секвестрирање CO_2 (Parr *et* Sullivan, 2005). Како се биљне врсте значајно разликују у акумулацији силицијума (Hodson *et al.*, 2005), па стога и у садржају фитолита у својим ткивима, могуће је повећавати удео усева који акумулирају силицијум (нпр. жита) у циљу повећаног секвестрирања угљеника по јединици производне површине. Тако пиринчана слама у просеку веже око 9 kg CO_2 ha^{-1} годишње, а уколико се користе сорте са повећаном концентрацијом фитолита, секвестрациони понецијал се повећава на 28 kg CO_2 ha^{-1} (Tan *et al.*, 2021). На глобалном нивоу, ови аутори процењује да фитолити у пиринчаној слами могу да вежу око 5 милиона тона CO_2.

Пшеница представља један од најзначајнијих стратешких усева у Србији и глобално. Процењује се да максималан потенцијал секвестрирања угљеника у фитолитима на годишњем нивоу код најприноснијих сорти може бити и значајно већи него код пиринча (Parr *et* Sullivan, 2011). Ова прелиминарна истраживања указују на значајан потенцијал модерних сорти пшенице у биосеквестрирању угљеника, што према процени аутора на глобалном нивоу износи око 50 милиона тона еквивалената CO_2 годишње. Уколико је ова претпоставка тачна, то би могло имати велики значај за контролу глобалног циклуса угљеника и креирање иновативне и одрживе методологије за смањење глобалног загревања.

Имајући у виду да је угљеник оклудован фитолитима стабилан у дугом временском периоду, секвестрирање угљеника у земљишту све више постаје тема од глобалног значаја. Стога је програмом ове докторске дисертације предвиђено изналажење иновативних начина за повећање тог складиштења у производним системима пшенице на чернозему, где се остварују и максимални приноси зрна и биомасе сламе (жетвених остатака). Чернозем у Србији захвата око 1.050.000 хектара (Ђорђевић и Радмановић, 2016) и представља најраспрострањеније и најквалитетније земљиште за интезивну производњу житарица. Полазећи од чињенице да су данашње сорте пшенице које се гаје у Србији високо приносне, потребно је проучити динамику силицијума у систему земљиште-биљка, како би се омогућила максимална мобилизација силицијума кореном и његова висока акумулација у надземним ткивима, као основа за повећано секвестрирање угљеника оклудованог фитолитима. У ту сврху испитиваће се улога коренових излучевина у мобилизацији силицијумове киселине у земљишту и услова под којим се она може поспешити, затим динамика ослобађања

силицијумове киселине из свежих жетвених остатака, као и значај уноса силицијума у земљиште, у циљу повећања концентрације фитолита у ткивима. Други део истраживања обухватиће истраживање фитолита и њиховог потенцијала за оклудовање угљеника, као и њихове стабилности на чернозему у лабораторијским (*in vitro*) и производним условима пшенице у плодореду.

2.2 Научни циљ истраживања

Главни циљ истраживања ове докторске дисертације јесте да утврди значај пшенице као стратешког усева у Србији и свету у биосеквестрирању CO_2, а тиме и у умањивању негативног ефекта овог гаса стаклене баште на глобално загревање.
Ова истраживања имају и неколико специфичних циљева:

- да се проучи динамика, односно флуксеви угљеника и силицијума у систему земљиште-биљка, као и услови средине који на њих утичу,
- да се објасни још увек недовољно јасан механизам мобилизације силицјума у ризосфери код модел-биљке пшенице, са посебним освртом на излучевине корена,
- идентификују мере којима би се могла поспешти акумулација силицијума у надземним ткивима у облику фитолита и стога повећати удео оклудованог угљеника.

3. Основне хипотезе од којих се полази у истраживању

Докторска дисертација се темељи на следећим радним хипотезама:

- да ће високи приноси пшенице на чернозему, као типу земљишта са највећом ефективном плодношћу, бити у позитивној корелацији са биомасом жетвених остатака, а самим тим и са количином образованих фитолита;
- да ће пшеница испољити значајан потенцијал да акумулира силицијум у надземним органима, као и да у оквиру фитолитних творевина веже (оклудује) значајне количине угљеника;
- да корен пшенице може у значајној мери да мобилише силицијум из земљишта (из минерала глине) путем излучевина корена, пре свега органских киселина, али и амино киселина и фенола, по сличном механизму као код мобилизације фосфора и гвожђа;
- да ће се током разлагања свежих жетвених остатка у кратком временском периоду ослободити део силицијума у облику силицијумове киселине, првенствено из других структура ћелијских зидова, а мање из фитолита, и да ће фитолити и угљеник заробљен у њима остати стабилни;
- да ће унос додатних количина силицјума у земљиште путем ђубрива значајно повећати потенцијал пшенице за биосеквестрирање CO_2.

4. Методе које ће се применити у истраживањима

4.1 Материјал

Земљиште (карбонатни чернозем) и биљни материјал (различите сорте озиме пшенице, које су заступљене у производњи) за истраживање биће узорковани у Банату, једном од региона са највећом продукцијом биомасе у Србији. Пшеница (*Triticum aestivum* L.), као акумулатор силицијума, а уједно и један од најзначајнијих стратешких усева у

Србији и глобално, одабрана је као модел биљка. Током узорковања биће обухваћено 25 локалитета, а узорковање ће се обављати са квадрата површине 1 m^2 (1 × 1 m), који ће репрезентовати површину од 1 хектара.

За експерименте у лабораторијским (контролисаним) условима, укључујући и инкубационе (*in vitro*) експерименате за испитивање динамике ослобађања силицијума из фитолита жетвених остатака, користиће се земљиште одабрано на основу претходних анализа. У експериментима, који за циљ имају испитивање утицаја уноса силицијума на потенцијал биосеквестрирања CO_2, обавиће се третмани силицијумом преко земљишта са 400 mg Si kg^{-1} (судови), односно 600 kg Si ha^{-1} (поље), и фолијарно са три прскања (у одговарајућим фенофазама), у концентрацији 30 mg Si L^{-1}.

4.2 Методе

Теренска и лабораторијска испитивања земљишта. На основу претходног рекогносцирања терена извршиће се испитивање спољашње морфологије земљишта, отвориће се репрезентативни педолошки профили и извршиће се испитивање унутрашње морфологије земљишта. Узимање узорака земљишта извршиће се по идентификованим хоризонтима у нарушеном стању и природном склопу. За испитивање физичких и хемијских особина земљишта примениће се стандардне лабораторијске методе, које се рутински користе у лабораторијама Катедре за педологију и геологију Пољопривредног факултета и Института за мултидисциплинарна истраживања.

Анализа слицијума у земљишту. Секвенцијална анализа силицијума радиће се по модификованој методи Georgiadis *et al*. (2013), а биоприступачни силицијум у земљишту екстраховаће се у 0,01 M раствору $CaCl_2$. Концентрација силицијума у екстракционим растворима одредиће се помоћу ICP-OES.

Изоловање, квантификација и анализа фитолита. Фитолити из земљишног материјала екстраховаће се микроталасном дигестијом уз додатак цинк бромида. Фитолити из биљног материјала екстраховаће се микроталасном дигестијом сувог биљног материјала уз додатак смеше HNO_3, HCl и H_2O_2. Анализа угљеника у изолованим фитолитима директно ће се мерити CHNS анализатором.

Карактеризација и локализација фитолита у ткивима. Карактеризација и локализација фитолита у ткивима вршиће се применом скенирајуће електронске микроскопије са енергетски дисперзивном рендгенском спектрометријом (SEM-EDX) и помоћу специфичне флуоресцентне боје за силицијум PDMPO (2-(4-пиридил)-5-((4-(2-диметиламиноетиламинокарбамоил)метокси)фенил)оксазол; Parambath *et al.*, 2016).

Карактеризација облика силицијума у жетвеним остацима. Карактеризација биорасположивих облика силицијума у жетвеним остацима, током разлагања, вршиће се применом инфрацрвене спектроскопије са Фуријеовом трансформацијом (FTIR).

Карактеризација једињења која мобилишу силицијум у ексудатима корена. Излучевине корена сакупљаће се са интактних корена у ризотронима, применом филтер папира за електрофорезу и екстраховани у метанолу. Раздвајање и квантификација органских киселина и других малих молекула из различитих узорака вршиће се применом течне хроматографије под високим притиском или течне хроматографије - масене спектрометрије (HPLC/LC-MS).

Статистичке анализе и моделовање. Моделовање биосеквестрирања CO_2 у производним системима пшенице на чернозему, као функције приступачности силицијума у земљишту, радиће се методама регресионе анализе. Користиће се статистички алати из групе генералних/генерализованих линеарних модела, као и

мултиваријатне анализе података: методе ординације (PCA и NMS) и непараметарске методе поређења група (PerMANOVA и MRPP).

5. Очекивани резултати и научни допринос

Полазећи од напред постављених хипотеза и циљева ових истраживања, очекује се да ће добијени резултати дати одговоре на поједина још увек неразјашњена питања динамике силицијума и угљеника у систему биљка-земљиште, као што су: а) улога ексудата корена у мобилизацији силицијума, и б) стабилност фитолита и у њима оклудованог угљеника током разлагања биомасе у земљишту. Такође, утврдиће се да ли појачана мобилизација силицијума у ризосфери, као и примена ђубрива на бази силицијума повећавају потенцијал за биосеквестрирање CO_2. До сада је највећи број истраживања пре свега био базиран на глобалној улози биосеквестрирања код пиринча, бамбуса и знатно мање пшенице и других житарица, и првенствено је разматран генотипски потенцијал (врсте и сорте) за биосеквестрирање CO_2 фитолитима. Узимајући у обзир да се дугогодишњим узгојем житарица које акумулирају значајне количине силицијума, континуирано смањује концентрација приступачног силицијума у земљишту, уношење силицијума кроз ђубрива, као и побољшана мобилизација силицијума из земљишта и жетвених остатака, може представљати додатну меру за повећање потенцијала за биосеквестрирање угљеника, као одрживе стратегије ублажавања ефекта стаклене баште. На основу добијених података извршиће се процена (моделовање) биосеквестрирања CO_2 у производним системима пшенице у Србији и предложити иновативне мере којима се тај процес може поспешити у пракси. Очекивани резултати предложених истраживања ће такође бити од високог међународног научног значаја, јер се, колико је Комисији до сада познато, по први пут спроводе овако свеобухватна и интердисциплинарна истраживања, која ће пружити бољи увид у механизме кружења силицијума систему земљиште-биљка, као и биосквестрирања угљеника у фитолитима и њихове даље судбине у земљишту.

6. Закључак

На основу анализе поднете пријаве, као и дискусије приликом одбране пријављене теме, Комисија недвосмислено сматра да је предложена тема докторске дисертације кандидаткиње Тијане Дубљанин под насловом “Кружење силицијума и биосеквестрирање угљеника у систему земљиште-биљка на моделу чернозема под пшеницом” оригинална и да ће резултати, који се из ње очекују, пружити значајан научни допринос у расветљавању динамике слицијума у систему биљка-земљиште и биосеквестрирања угљеника у производним условима пшенице на чернозему. Поред изузетног научног значаја, ова истраживања имају и практичан значај, јер ће дати основе за развој иновативних мера за повећање количине биосеквестрираног угљеника у производним системима пшенице у Србији. Предложене истраживачке методе су акурентне и доступне кандидаткињи, првенствено кроз пројекат Фонда за науку Републике Србије, на коме је она ангажована. Такође, разнородне методе које ће се применити у пуној мери одговарају интердисциплинарном карактеру ове докторске дисертације у граничним областима педологије и физиологије биљака, односно екологије ризосфере. Стога, Комисија сматра да постоје сви предуслови да се постављени научни циљеви и предложени план и програм истраживања успешно остваре, уз постизање високих научних стандарда којим ова докторска дисертација тежи.

Комисија такође сматра да је наслов теме: "Кружење силицијума и биосеквестрирање угљеника у систему земљиште-биљка на моделу чернозема под пшеницом", како је кандидаткиња навела у својој пријави, адекватан и предлаже да исти остане неизмењен.

Полазећи од свега напред наведеног, Комисија позитивно оцењује поднету пријаву, те са задовољством предлаже Наставно-научном већу Пољопривредног факултета Универзитета у Београду да кандидаткињи **Тијани Дубљанин** одобри израду докторске дисертације под насловом: **"Кружење силицијума и биосеквестрирање угљеника у систему земљиште-биљка на моделу чернозема под пшеницом"**.

За менторе докторске дисертације Комисија предлаже: др Александра Ђорђевића, редовног професора Пољопривредног факултета Универзитета у Београду и др Јелену Павловић, научну сарадницу Института за мултидисциплинарна истраживања Универзитета у Београду.

7. Име и референце предложених ментора:

Име и презиме ментора: **др Александар Ђорђевић**
Звање: редовни професор

Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. Vukasinovic, I., Todorovic, D., Zivotic Lj., Kaludjerovic, L., **Djordjevic, A.** (2018): An analysis of naturally occurring radionuclides and Cs-137 in the **soils** of urban areas using gamma-ray spectrometry. International Journal of Envirnomental Science and Technology 15: 1049-1060. (M22; IF_{2020} 2,860)
2. Zivotic, Lj., Radmanovic, S., Gajic, B., Mrvic, V., **Djordjevic, A.** (2017): Classification and spatial distribution of **soils** in the foot and toe slopes of mountain Vukan, East-Central Serbia. Catena 159: 70-83. (M21a; IF 5,198)
3. Stanisic-Stojic, S., Ignjatovic, Lj., Popov, S., Skrivanj, S., **Djordjevic, A.,** Stojic, A. (2016): Heavy metal accumulation in **wheat** and barley: The effects of **soil** presence and liquid manure amendment. Plant Biosystems 150: 104-110. (M22; IF_{2020} 2,842)
4. Sarap, N., Rajacic, M., Djalovic, I., Seremesic, S., **Djordjevic, A.**, Jankovic, M., Dakovic, M. (2016): Distribution of natural and artificial radionuclides in **chernozem soil/crop system** from stationary experiments. Environmental Science and Pollution Research 23: 17761-17773. (M21; 4,223)
5. Perovic, V., Zivotic Lj., Kadovic, R., **Djordjevic, A.**, Jaramaz, D., Mrvic, V., Todorovic, M. (2013): Spatial modelling of **soil** erosion potential in a mountainous watershed of South-eastern Serbia. Environmental Earth Science 68: 115-128. (M22; IF 2,784)

Име и презиме ментора: **др Јелена Павловић**

Звање: научни сарадник
Списак радова који квалификују ментора за вођење докторске дисертације:

1. **Pavlovic, J.**, Kostic, L., Bosnic, P., Kirkby, E.A., Nikolic M. (2021): Interactions of **silicon** with essential and beneficial elements in plants. Frontiers in Plant Science 12: 697592. doi: 10.3389/fpls.2021.697592 (M21a; IF_{2020} 5,753)

2. Bosnic, D., Nikolic, D., Timotijevic, G., **Pavlovic, J.**, Vaculik, M., Samardzic, J., Nikolic, M. (2019): **Silicon** alleviates copper (Cu) toxicity in cucumber by increased Cu-binding capacity. Plant and Soil 441:629-641. (M21a; IF_{2020} 4,192)
3. **Pavlovic, J.**, Samardzic, J., Kostic, L., Laursen, K. H., Natic, M., Timotijevic, G., Schjoerring, J. K., Nikolic M. (2016): **Silicon** enhances leaf remobilization of iron in cucumber under limited iron conditions. Annals of Botany 118: 271-280. (M21a; IF_{2020} 4,357)
4. Bityutskii N., **Pavlovic J.**, Yakkonen K., Maksimovic V., Nikolic M. (2014): Contrasting effect of **silicon** on iron, zinc and manganese status and accumulation of metal-mobilizing compounds in micronutrient-deficient cucumber. Plant Physiology and Biochemistry 74: 205-211. (M21; IF_{2020} 4,270)
5. **Pavlovic, J.**, Samardzic, J., Masimovic, V., Timotijevic, G., Stevic, N., Laursen, K. H., Hansen, T. H., Husted, S., Schjoerring, J. K., Liang, Y., Nikolic, M. (2013): **Silicon** alleviates iron deficiency in cucumber by promoting mobilization of iron in the root apoplast. New Phytologist 198: 1096-1107. (M21a; IF_{2020} 10,152)

Београд – Земун
Дана 28.02.2022. године

ЧЛАНОВИ КОМИСИЈЕ:

др Мирослав Николић, научни саветник, председник
Универзитет у Београду – Институт за мултидисциплинарна истраживања
(ужа научна област: Физиологија биљака)

др Александар Ђорђевић, редовни професор, члан
Универзитет у Београду – Пољопривредни факултет
(ужа научна област: Педологија)

др Јелена Павловић, научни сарадник, члан
Универзитет у Београду – Институт за мултидисциплинарна истраживања
(ужа научна област: Физиологија биљака)

др Свјетлана Радмановић, ванредни професор, члан
Универзитет у Београду – Пољопривредни факултет
(ужа научна област: Педологија)

др Јасна Савић, редовни професор, члан
Универзитет у Београду – Пољопривредни факултет
(ужа научна област: Ратарство, повртарство, цвећарство, крмно и лековито биље)

Прилози:

- Прилог 1 - Списак саопштених и објављених научних и стручних радова кандидата;
- Прилог 2 - Списак литературе која ће се користити.

Прилог 1. Списак саопштених и објављених научних и стручних радова кандидата

Buntić, A., Stajković-Srbinović, O., Milić, M., **Dubljanin, T.**, Kuzmanović, Dj., Knežević, M., Delić, D. (2019). Utilization of miscanthus waste biomass for xylanase production by soil bacterium *Sinorhizobium meliloti.* The First International Symposium on Modern Trends in Agricultural Production and Environmental Protection, Tivat, Montenegro, 2-5 July 2019. Proceedings, pp. 151-163, ISBN: 978-86-6042-008-6. (M33)

Stanojevic, M., Trailovic, M., **Dubljanin, T.**, Krivošej, Z., Nikolic, M., Nikolic, N. (2021). Sewage pollution promotes the invasion-related traits of *Impatiens glandulifera* in an oligotrophic habitat of the Sharr Mountain (Western Balkans). *Plants* 10: 2814. https://doi.org/10.3390/ plants10122814. (M21; IF 3,935)

Прилог 2. Списак литературе која ће се користити

de Tombeur, F., Cornelis, J.-T., Lambers, H. (2021): Silicon mobilisation by root-released carboxylates. Trends in Plant Science 26: 1116-1125.

de Tombeur, F., Turner, B. L., Laliberté, E., Lambers, H. Mahy, G., Faucon, M.-P., Zemunik, G., Cornelis, J.-T. (2020): Plants sustain the terrestrial silicon cycle during ecosystem retrogression. Science 369: 1245-1248.

Georgiadis, A., Sauer, D., Herrmann, L., Breuer, J., Zarei, M., Stahr, K. (2013): Development of a method for sequential Si extraction from soils. Geoderma 209: 251-261.

Hodson, M. J. (2019). The relative importance of cell wall and lumen phytoliths in carbon sequestration in soil: A hypothesis. Frontiers in Earth Science 7: 167.

Hodson, M. J., White, P. J., Mead, A., Broadley, M. R. (2005): Phylogenetic variation in the silicon composition of plants. Annals of Botany 96: 1027-1046.

IPCC, (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [B. Masson-Delmotte, P. Zhai, A. Pirani, et al. (eds.)]. IPCC, Switzerland. ISBN 978-92-9169-158.

Lambers, H., Martinoia, E., Renton, M. (2015): Plant adaptations to severely phosphorus-impoverished soils. Current Opinion in Plant Biology 25: 23-31.

Le Gouis, J., Oury, F. X., Charmet, G. (2020): How changes in climate and agricultural practices influenced wheat production in Western Europe. Journal of Cereal Science 93: 102960.

Liang, Y., Nikolic, M., Bélanger, R., Gong, H., Song, A. (2015): Silicon in Agriculture: From Theory to Practice. Springer, Dordrecht, The Netherlands. ISBN 9789401799775.

Nawaz, M. A., Zakharenko, A. M., Zemchenko, I. V., Haider, M. S., Ali, M. A., Imtiaz, M., Chung, G., Tsatsakis A., Sun S., Golokhvast K. S. (2019): Phytolith formation in plants: from soil to cell. Plants 8: 249.

Nikolic, M., Nikolic, N., Liang, Y., Kirkby, E. A., Römheld, V. (2007): Germanium-68 as an adequate tracer for silicon transport in plants. Characterization of silicon uptake in different crop species. Plant Physiology 143: 495-503.

Parambath, M., Hanley, Q. S., Martin-Martinez, F. J., Giesa, T., Buehlerb, M. J., Perry C. C. (2016): The nature of the silicaphilic fluorescence of PDMPO. Physical Chemistry Chemical Physics 18: 5938.

Parr, J. F., Sullivan, L. A. (2005): Soil carbon sequestration in phytoliths. Soil Biology and Biochemistry 37: 117-124.

Parr, J. F., Sullivan, L. A. (2011): Phytolith occluded carbon and silica variability in wheat cultivars. Plant and Soil 342: 165-171.

Pavlovic, J., Kostic, L., Bosnic, P., Kirkby, E. A., Nikolic, M. (2021): Interactions of silicon with essential and beneficial elements in plants. Frontiers in Plant Science 12: 1224.

Pontigo, S., Ribera, A., Gianfreda, L., de la Luz Mora, M., Nikolic, M., Cartes, P. (2015): Silicon in vascular plants: uptake, transport and its influence on mineral stress under acidic conditions. Planta 242: 23-37.

Sommer, M., Jochheim, H., Höhn, A., Breuer, J., Zagorski, Z., Busse, J., Barkusky, D., Meier, K., Puppe, D., Wanner, M., Kaczorek, D. (2013): Si cycling in a forest biogeosystem–the importance of transient state biogenic Si pools. Biogeosciences 10: 4991-5007.

Song, Z. L., Liu, H. Y., Li, B. L., Yang, X. M. (2013): The production of phytolith-occluded carbon in China's forests: implications to biogeochemical carbon sequestration. Global Change Biology 19: 2907-2915.

Song, Z. L., McGrouther, K., Wang, H. L. (2016). Occurrence, turnover and carbon sequestration potential of phytoliths in terrestrial ecosystems. Earth-Science Reviews 158: 19-30.

Tan, L., Fan, X., Yan, G., Peng, M., Zhang, N., Ye, M., Gao, Z., Song, A., Nikolic, M., Liang, Y. (2021): Sequestration potential of phytolith occluded carbon in China's paddy rice (*Oryza sativa* L.) systems. Science of the Total Environment 774: 145696.

Yan, G. C., Nikolic, M., Ye, M. J., Xiao, Z. X., Liang, Y. C. (2018): Silicon acquisition and accumulation in plant and its significance for agriculture. Journal of Integrative Agriculture 17: 2138-2150.

Yang, S., Hao, Q., Wang, H., van Zwieten, L., Yu, C., Liu, T., Yang, X., Zhang, X., Song, Z. (2020): A review of carbon isotopes of phytoliths: implications for phytolith-occluded carbon sources. Journal of Soils and Sediments 20: 1811-1823.

Zhang, X. D., Song, Z. L., Zhao, Z. Q., van Zwieten, L., Li, J. W., Liu, L. A., Xu, S., Wang, H. L. (2017): Impact of climate and lithology on soil phytolith-occluded carbon accumulation in eastern China. Journal of Soils and Sediments 17: 481-490.

Ђорђевић, А., Радмановић, С. (2016): Педологија. Универзитет у Београду, Пољопривредни факултет, Београд – Земун.