

У БЕОГРАДУ

Пошто смо на IV седници Наставно-научног већа Физичког факултета одржаној 27. априла 2022. године одређени за чланове Комисије за преглед и оцену докторске дисертације „ПРИМЕНА НЕДЕСТРУКТИВНИХ ОПТИЧКИХ МЕТОДА У ПРОЦЕНИ СТАЊА И МЕТАБОЛИЗМА БИЉАКА” из научне области примењена физика, након прегледа предате докторске дисертације подносимо следећи

РЕФЕРАТ

1. Основни подаци о кандидату**1.1 Биографски подаци**

Катарина (Миланко) Милетић рођена је 30. маја 1991. године у Чачку. Основну школу у Гучи завршава као ђак генерације 2006. године. Исте године уписује Гимназију природно математичког усмерења у Чачку, где матурира 2010. године и уписује основне студије на Физичком Факултету Универзитета у Београду на смеру „Примењена и компјутерска физика”. Дипломира 2014. године на Физичком факултету Универзитета у Београду са просечном оценом 9,52 (девет и 52/100) на катедри за Примењену и компјутерску физику, где на истом факултету, 2014. године уписује мастер студије из уже научне области „Примењена и компјутерска физика”. Мастерира у јулу 2015. године са просечном оценом 10,00 на Физичком факултету Универзитета у Београду, на катедри за Примењену и компјутерску физику, одбранивши мастер рад: *Оптички спектри алуминијума допираног елементима ретких земаља у току плазмене електролитичке оксидације* са оценом 10,00 – под менторством проф. др Бећка Касалице.

2015. године уписује докторске студије из уже научне области „Примењена физика”, на Физичком факултету Универзитета у Београду.

Током 2013/2014 године, носилац је стипендије Фонда за младе таленте – Доситеја. Од школске 2014/2015. године ангажована је на Физичком факултету за извођење експерименталних и рачунских вежби.

Од 2015. године први је стипендиста на листи добитника стипендије докторских студија Министарства просвете, науке и технолошког развоја.

1.2. Научна активност

Научно-истраживачки рад кандидата Катарине Милетић се одвија у Лабораторији за примењену физику Физичког факултета Универзитета у Београду под менторством проф. др Бећка Касалице. У току експерименталног рада остварена је одлична научна сарадња са Биолошким и Шумарским факултетом Универзитета у Београду, Универзитетом Мендел у

Брну и Институту за Биолошка истраживања „Синиша Станковић” у Београду.

Од 1. децембра 2018. кандидат је ангажован у звању истраживач-приправник на пројекту: *Графитне и неорганске наноструктуре ниске димензионалности (ев. бр. 1701035)* Министарства просвете, науке и технолошког развоја.

Од септембра 2020. године кандидат је руководио пројекта 5780 „*Nondestructive optical method for plant overall health evaluation*” Иновационог фонда Републике Србије. Тема докторске дисертације под називом: *Примена недеструктивних оптичких метода у процени стања и метаболизма биљака*, одбрањена је 30. 06. 2021. године на Физичком факултету Универзитета у Београду.

Кандидат је до сада публиковао два научна рада категорије М22 у водећим међународним часописима и два патента у Заводу за интелектуалну својину, Београд.

2. Опис предатог рада

2.1. Основни подаци

Докторска дисертација кандидата Катрине Милетић, мастера физике, под називом „ПРИМЕНА НЕДЕСТРУКТИВНИХ ОПТИЧКИХ МЕТОДА У ПРОЦЕНИ СТАЊА И МЕТАБОЛИЗМА БИЉАКА” написана је у потпуности под менторством редовног професора Физичког Факултета Универзитета у Београду, проф. др. Бећка Касалица. Проф. др. Бећко Касалица у потпуности задовољава услове да руководи овом дисертацијом. Тема докторске дисертације под називом „ПРИМЕНА НЕДЕСТРУКТИВНИХ ОПТИЧКИХ МЕТОДА У ПРОЦЕНИ СТАЊА И МЕТАБОЛИЗМА БИЉАКА”, прихваћена је на Колегијуму докторских студија Физичког факултета одржаног 30.06.2021. године на Физичком факултету Универзитета у Београду. На IX седници Наставно-научног већа Физичког факултета Универзитета у Београду, одржане дана 14.07.2021. године одређени су чланови Комисије за припрему реферата за оцену испуњености услова и оправданост предложене теме докторске дисертације и именован ментор за израду исте проф. др. Бећко Касалица.

На X седници Наставно-научног већа Физичког факултета Универзитета у Београду, одржане дана 15.09.2021. године усвојен је Извештај Комисије за оцену испуњености услова и оправданост предложене теме за израду докторске дисертације.

Веће научних области природно-математичких наука Универзитета у Београду је на седници одржаној 27. септембра 2021. године дало сагласност на предлог теме докторске дисертације кандидата Катрине Милетић.

Дисертација се састоји из 90 страна (без насловне стране, захвалнице, сажетка на српском и енглеском језику, садржаја, прилога, ауторове биографије и изјава) и написана је на српском језику. Дисертација је подељена у XI поглавља са прилогом. У тексту се налази 69 слика и 3 табеле. У библиографији је наведено 75 референци.

2.2. Предмет и циљ докторског рада

Предмет истраживања ове докторске дисертације је развијање нове и поуздане методе за процену стања и метаболизма биљака путем мерења спектралних карактеристика листова биљака у периоду њиховог раста и развоја. Идентификација ових јединствених спектралних одговора уз разумевање физичких и микробиолошких феномена може да има приметну улогу у развоју пољопривреде: прецизније предвиђање периода највећих приноса биљака, значајне уштеде уложених средстава, бржа индустријализација великих пољопривредних ресурса, и да олакша стварање малих, кућних, паметних баштица.

Ова метода може да покаже који је оптималан однос нутритијената потребан за раст биљака, а та информација даље омогућава да се потисне или смањи употреба хемијских реагенаса и то све у корист здравијег крајњег производа, и бољег животног стандарда.

У оквиру ове дисертације детаљно је разрађен метод којим се мерењем коефицијента оптичке трансмисије и рефлексије прати стање и метаболизам биљке.

Досадашњи поступци мерења ових параметара путем оптичких метода су били усмерени искључиво на мерење тренутне вредности ових коефицијената (пре свега рефлексије листа). Недеструктивне оптичко-детекционе методе које могу да у дужем временском интервалу прикупљају податке о фотосинтетичким процесима биљака су ретке. Углавном су постојећи системи временски захтевни, ограничени на тренутна мерења са једног мерног места, деструктивни и често захтевају озбиљну припрему биљних узорка.

У тези је детаљно описана израда и калибрација оптичко детекционог система и начин на који су остварени контролисани услови за мерење параметара који утичу на стање биљке. Урађен је и доказ концепта рада апаратуре снимањем оптичких карактеристика листа биљке *Phaseouls vulgaris*, као припадника СЗ групе биљака.

На основу биохемијских анализа, као и успешним мерењем коефицијента оптичке трансмисије установљен је правилан циркадијумски ритам. На основу ових резултата дошло се до закључка да мерењем коефицијента оптичке трансмисије и на основу графика циркадијумског ритма, стање и здравље биљке се може да пратити у дужем временском интервалу. У тези су представљени експериментални резултати уз комплетну обраду података за неколико биљних врста и успостављена је корелација са неколико биолошких модела.

Утврђен је потенцијал методе за рану детекцију нутритивног стреса (недостатак нутритијената) код хидропонски гајених биљака. Добијени резултати су упоређени са различитим биолошким методама и утврђено је да се почетак уочених промена оптичких параметара дешава много пре него што се стрес биљке региструје традиционалним методама.

2.3 Публикације

Резултати докторске дисертације су објављени у два рада који нису за исту сврху

коришћени у другим дисертацијама:

- Kasalica Becko V, **Miletic Katarina M**, Sabovljevic Aneta D, Vujicic Milorad M, Jeremic Dejan A, Belca Ivan D, Petkovic-Benazzouz Marija M, *Nondestructive optical method for plant overall health evaluation*,
Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil And Plant Science, **(2021)**
M22 (IF=1.568)
doi: 10.1080/09064710.2021.1928740
- Katarina M. Miletic, Danijela M. Djunisijevic-Bojovic, Becko V. Kasalica, Marijana Milutinovic, Marija M. Petkovic-Benazzouz, Slobodan D. Milanovic, Ivan D. Belca, Mirjana Z. Sarvan & Dejan A. Jeremic (2022), *Innovative optical method for sensing the nutritional stress in hydroponically cultivated plants*,
Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science, 72:1, 720-732,
(2022) M22 (IF=1.568)
doi: 10.1080/09064710.2022.2071761

2.4 Преглед научних резултата изложених у дисертацији

Докторска дисертација кандидата Катарине Милетић се састоји од једанаест поглавља. У првом поглављу су представљене основне идеје за развој нове оптичке неструктивне методе која се заснива на одређивању апсорпције светлости преко мерења оптичке трансмисије и рефлекције. У овом поглављу дат је и кратак преглед досадашњих метода са нагласком на њиховим бројим недостацима у односу на оптичко-детекциону методу представљену у овој дисертацији. Истакнуте су њене предности пре свега у смислу неструктивности и у великом броју мерних сегмената и метролошки контролисаних мерења чиме се омогућава добра основа за статистичку обраду. Истакнут је значај по први пут снимљених циркадијалних ритмова биљака (дневни и ноћни ритмови праћени променама физиолошких параметара).

Друго поглавље је осврт на интеракцију електромагнетног значења са материјом са посебним нагласком на видљив део спектра као и на механизме деекситације електрона у молекулима.

У трећем поглављу је објашњен процес фотосинтезе и улога хлоропласта. Дата је дефиниција светле и тамне фазе фотосинтезе и дефиниција основних пигмената у биљкама. Објашњене су примарне разлике у фотосистемима I и II и основни типови метаболизма код биљака.

Четврто и пето поглавље детаљно објашњава све сегменте који су коришћени за мерење. Четврто поглавље дисертације даје осврт на изворе и детекторе електромагнетног зрачења коришћених у експериментним поставкама. Посебно су истакнуте квантне ефикасности, предности и недостаци фото и LED диода и конструкција одговарајућих LED панела за осветљавање биљака у експерименталним условима. У петом поглављу је дат шематски приказ целог система са мерним местима, положајима носача, узорка и фотодиода.

Објашњен је поступак снимања, начин контролисања секвенција паљења фотодиода и на крају начин складиштења и чувања добијених података. Истакнуте су и карактеристике Grow Vox-а коришћеног за гајење биљака.

Резултати калибрација оптичко детекционог система су представљени у поглављу шест. Урађена је калибрација мерних места по вредностима оптичке трансмисије и оптичке рефлексије као и калибрација осетљивости система.

У седмом поглављу је детаљно објашњена употреба и улога програмског пакета LAbVIEW-a (LabVIEW (Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench) у експерименталној поставци за контролу инструмената, прикупљање података и аутоматизацију система различитих платформи.

Осмо поглавље је посвећено резултатима мерења. Дати су резултати првог тестирања рада методе на биљци *Phaseouls vulgaris*, чија анализа уједно означава доказ концепта рада целог система. Биљке су подељене у четири групе, при чему је свака од њих имала различити светлосни третман током трајања седмодневног експеримента који је поновљен три пута. Прва група је расла у потпуном мраку, друга је узгајана у режиму дневне светлости, трећа група је добијала светлост од LED панела током 24 часа, а четврта група је расла у комбинованом режиму дневног светла и LED осветљења. На крају експеримента добијени резултати су упоређени са концентрацијама фотосинтетичких пигмената за све четири групе и њиховом анализом је утврђено да је дошло до потпуног слагања различитих метода. Осим тога, по први пут је снимљен правилан циркадијумски ритам биљака недеструктивном оптичком методом.

Представљени су резултати хидропонски гајеног босиљка (*Ocimum Basilicum*), односно гајење биљке при чему се њен корен директно изложи хранљивом раствору. Концентрација хранљивих материја се у хидропонском гајењу одржава у оквиру одређених граница свих есенцијалних елемената.

Биљке су подељене у групе, тако што је свакој од група искључен један од есенцијалних елемената из хидропонског раствора (Fe, Mg, P, N). Контролна група је такође гајена под истим условима, осим што је расла у комплетно балансираном хранљивом раствору. Да би се показала ефикасност ове оптичко недеструктивне методе, стање биљке је процењено и другим, уобичајеним методама као што су одређивање садржаја фотосинтетичких пигмената (деструктивна метода) и мерење ефикасности фотосистема и одређивање (недеструктивна метода). У поређењу са контролном групом, третиране биљке су испољиле модификоване циркадијалне ритмове, што указује на постојећи нутритивни стрес. Почетак уочених промена оптичког преноса дешава се много пре него што се стрес биљака може уочити неким другим методама. Овај податак омогућава рану детекцију и превенцију недостатка неког нутритијента у хидропонски угајеним условима. Додатна предност описане методе је чињеница да је недеструктивна.

Показано је да приликом укључивања/искључивања осветљења биљка трпи „светлосни шок” за који се још увек не зна како утиче на стање биљке. Ово отвара идеју

израде светлосног извора који би имао улогу симулације промене интензитета светлости који прате смену дана и ноћи.

3. Списак публикација

A. Радови у међународним часописима:

[A1] Kasalica Becko V, **Miletic Katarina M**, Sabovljevic Aneta D, Vujicic Milorad M, Jeremic Dejan A, Belca Ivan D, Petkovic-Benazzouz Marija M, *Nondestructive optical method for plant overall health evaluation*,

Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil And Plant Science, **(2021)**, doi:

10.1080/09064710.2021.1928740,

M22 (IF=1.568)

[A2] Katarina M. Miletic, Danijela M. Djunisijevic-Bojovic, Becko V. Kasalica, Marijana Milutinovic, Marija M. Petkovic-Benazzouz, Slobodan D. Milanovic, Ivan D. Belca, Mirjana Z. Sarvan & Dejan A. Jeremic (2022), *Innovative optical method for sensing the nutritional stress in hydroponically cultivated plants*,

Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science, 72:1, 720-732, doi:

10.1080/09064710.2022.2071761,

M22 (IF=1.568)

M. Патенти:

[M1] Касалица Бећко, Белча Иван, Брчески Илија, Јеремии Дејан, **Милетић Катарина**, Мошић Милош, *Поступак за одређивање присуства живе у расветним телима*, Завод за интелектуалну својину, Београд **(2021)**

M94, П-2019/1487

[M2] Касалица Бећко, Белча Иван, Марија Петковић – Беназзоуз, **Милетић Катарина**, Јеремии Дејан, Цекић Драган, *Поступак за праћење активности и метаболизма биљака недеструктивним оптичким путем*, Завод за интелектуалну својину, Београд **(2021)** **M87**, П-2021/0550

4. Закључак

На основу изложеног може се закључити да је кандидат КАТАРИНА МИЛЕТИЋ докторској дисертацији под називом „ПРИМЕНА НЕДЕСТРУКТИВНИХ ОПТИЧКИХ МЕТОДА У ПРОЦЕНИ СТАЊА И МЕТАБОЛИЗМА БИЉАКА” (наслов на енглеско језику: “NONDESTRUCTIVE OPTICAL METHOD FOR PLANT OVERALL HEALTH EVALUATION”) остварио оригиналне научне резултате и дао значајан допринос у област примењене физике. Резултати тезе су публиковани у међународним часописима и комисија на основу тога сматра да су задовољени сви услови за њену одбрану и

ПРЕДЛАЖЕ

Наставно-научном већу Физичког факултета Универзитета у Београду да се одобри јавна одбрана.

У Београду 21.05.2022. године

Чланови комисије

др Иван Белча
Редовни професор
Универзитет у Београду - Физички факултет

др Милош Вићић
Редовни професор
Универзитет у Београду - Физички факултет

др Марија Петковић Беназоуз
Научни сарадник
Универзитет у Београду - Физички факултет

др Анета Сабовљевић
редовни професор
Универзитет у Београду - Биолошки факултет

др Дејан Јеремић
Научни сарадник
Универзитет у Београду - Иновациони центар
Хемијског факултета