

АКАДЕМИЈА ИНЖЕЊЕРСКИХ НАУКА СРБИЈЕ - АИНС
ОДЕЉЕЊЕ БИОТЕХНИЧКИХ НАУКА



КАКО ОЖИВЕТИ И ОСНАЖИТИ БРДСКО-ПЛАНИНСКА ПОДРУЧЈА НАШЕ ЗЕМЉЕ

Радови са научног скупа
одржаног на Златибору 21. и 22.09.2023. године

АИНС
Академска мисао
Београд, 2023.

КАКО ОЖИВЕТИ И ОСНАЖИТИ
БРДСКО-ПЛАНИНСКА ПОДРУЧЈА НАШЕ ЗЕМЉЕ

Радови са научног скупа одржаног на Златибору 21. и 22.09.2023. године

Уредници

Ратко Лазаревић, академик АИНС
Мирјана Шијачић Николић, академик АИНС

Организациони одбор скупа

Ратко Лазаревић, академик АИНС, председник
Марко Марић, Златиборски Екоаграр ДОО
Драган Терзић, Универзитет у Нишу,
Пољопривредни факултет у Крушевцу
Зорица Васиљевић, дописни члан АИНС
Милан Божовић, дописни члан АИНС
Драгана Ђурић, технички секретар АИНС

Научни одбор скупа

Мирјана Шијачић Николић, академик АИНС, председник
Милена Симић, академик АИНС
Ратко Николић, академик АИНС
Золтан Заварго, академик АИНС
Снежана Младеновић-Дринић, академик АИНС

Издавачи

Академија инжењерских наука Србије – АИНС
Одељење биотехничких наука
Академска мисао, Београд

Штампа

Академска мисао, Београд
Тираж: 300 примерака
ISBN 978-86-7466-982-2

Зборник радова једним делом финансирало је Министарство науке,
технолошког развоја и иновација Републике Србије

ПРИРОДНИ РЕСУРСИ КАО ИЗВОР ХРАНИВА – УЛОГА ОРГАНСКИХ И БИО-ЋУБРИВА У ИСХРАНИ БИЉАКА

Весна Драгичевић¹, Милена Симић², Милена Шенк³, Наталија Павловић⁴,
Душан Ковачевић⁵, Снежана Младеновић Дринић⁶, Милан Бранков⁷

Апстракт

Савремена пољопривредна производња се суочава са прогресивним смањењем обрадивих површина, загађењем земљишта и вода, екстремном флукуацијом метеоролошких услова, недостатком ђубрива, као и енормним скоком цена истих. Употреба минералних ђубрива дугорочно доводи до исцрпљивања земљишта микро-хранивима и смањења плодности и органске материје. Данас све више расте потреба за применом другачијих извора хранива који би у потпуности задовољили потребе усева и повољно се одразили на плодност земљишта. Стајњак је један од најзначајних ђубрива који утиче на плодност земљишта, али недостатак сточног фонда условљава његову (не) расположивост. Стога су развијени одрживи системи ђубрења, као што су зеленишна ђубрива, малч, компост и биохар, који повољно утичу на квалитет земљишта и на принос гајених биљака, посебно када се користе дужи низ година. Био-ђубрива се састоје од корисних микроорганизама и представљају јединствену праксу за побољшање плодности земљишта и приноса усева. Појединачни микроорганизми, као и њихови конзорцијуми, могу да убрзају разлагање жетвених остатака, повећају приступачност макро- и микро-елемената из земљишта и промовишу раст и фитнес биљака синтетишући фитохормоне и стимулаторе. Показало се да органска и био-ђубрива, посебно при дуготрајној примени, могу да одрже, као и да поврате плодност еродираним земљиштима. Такође, њихова употреба се повољно одражава и на раст и потенцијал приноса гајених биљака, обезбеђујући им све потребне макро- и микро-елементе, као и бројне друге протективне и стимулативне супстанце.

Кључне речи: ђубрење, плодност земљишта, органска материја, микро-елементи, макро-елементи.

¹ Институт за кукуруз „Земун Поље”, Слободана Бајића 1, Београд, Србија (vdragicevic@mrizp.rs)

² Институт за кукуруз „Земун Поље”, Слободана Бајића 1, Београд, Србија

³ Институт за кукуруз „Земун Поље”, Слободана Бајића 1, Београд, Србија

⁴ Институт за кукуруз „Земун Поље”, Слободана Бајића 1, Београд, Србија

⁵ Универзитет у Београду – Пољопривредни факултет, Немањина 6, Београд – Земун, Србија

⁶ Институт за кукуруз „Земун Поље”, Слободана Бајића 1, Београд, Србија

⁷ Институт за кукуруз „Земун Поље”, Слободана Бајића 1, Београд, Србија

Увод

Савремена пољопривредна производња се одвија под сталном претњом промена које се дешавају на планети, почевши од климатских промена, укључујући метеоролошке екстреме, па све до загађења и деградације животне средине, што има за последицу смањење обрадивих површина са једне стране и смањењем њиховог потенцијала за гајење усева, са друге стране. Пољопривреда је, такође, један од главних фактора који значајно доприноси загађењу животне средине. Процењено је да, у односу на глобалну антропогену емисију гасова стаклене баште (ГХГ), пољопривреда учествује са 10–12% (Lin *et al.*, 2011), с тим што не учествују сви сектори подједнако. Тако, дефорестација примарно учествује са 18% у глобалној емисији ГХГ, а 12-14% се приписује директној производњи, односно примени ђубрива и сточарској производњи (FAO, 2012). Потребно је истаћи да индустријска пољопривреда (нарочито у Европи и северној Америци) у највећем степену учествује у емисији ГХГ из пољопривреде. Наведени системи додатно дестабилизују природне ресурсе и смањују биодиверзитет, водећи неповратним променама, чиме компромитују будућу пољопривредну производњу. Пољопривредни произвођачи се суочавају са све већим ризицима од метеоролошких екстрема, природних катастрофа, неповратних промена животне средине, ограничења ресурса, као и растом и нестабилношћу цена на тржишту. Са друге стране, еколошки базирана производња, укључујући мале произвођаче, троши мање количине енергије и незнатно утиче на повећање емисије ГХГ. Еколошки модели у већем степену доприносе очувању угљеника, тако да не само да мање учествују, већ доприносе смањењу нивоа атмосферског угљен диоксида. Може се рећи да, када су у питању климатске промене, пољопривреда је у исто време и један од узрочника и део решења. Узимајући наведено у обзир, Lin *et al.* (2011) су указали на постојање бројних изазова и баријера везаних за имплементацију еколошких метода, које се примењују на малим имањима и на велике производне комплексе, како би се смањили штетни утицаји на околину и повећала ефикасност у искоришћењу природних ресурса, са посебним освртом на смањење емисије ГХГ. С тим у вези истиче се и питање обрадивих површина. Процењено је да би пољопривредне површине требало да се повећају са 5,1 милијарде хектара на 5,4 милијарде хектара до 2030. године, како би се задовољиле потребе растућег броја становника (Wirseniens *et al.*, 2010). Комбинујући моделе веће продуктивности који би се, према процени у сточарству, односили на замену дела говедарске производње са производњом свиња и живине, површине би апроксимативно биле смањене на чак 4,4 милијарде хектара, док би додатно смањење за око 15%; могло последично да уследи са преласком дела становништва на вегетеријанску и веганску исхрану, као и мањих губитака хране.

Наведени подаци директно показују да сигурност хране, тј. њена производња, поприма нове димензије. До друге половине XX века, основи проблем се огледао у немогућности да се обезбеди адекватна количина хране растућем броју становника у свету, и захваљујући резултатима „зелене револуције”, односно индустријализацији пољопривреде, број гладних и смртности узроковане недостатком хране у свету драстично се смањио (Welch, Graham, 1999). Међутим, све растући тренд хроничних болести код људи указао је на недостатке оваквог приступа и бројне последице, не само по животну средину, већ и по здравље људи. Такозвана скривена глад представља пре свега последицу недовољне обезбеђености протеинима, као и бројним микро-елементима, компромитујући изнова сигурност хране, тј. њен квалитет (Welch, Graham, 2005; Graham *et al.*, 2012). Стога, одрживост, из угла утицаја на животну средину, није само питање избора,

већ постаје потреба и тежња савремене пољопривреде. Потребе тржишта за нутритивно богатом и квалитетном храном су све веће, стављајући у први план системе производње хране са нижим улагањима, тзв. low-input системе, паралелно са толерантним генотиповима, који обезбеђују стабилне приносе са већим нивоом различитих хранива, важних како за човека, тако и за животиње. Познато је да су приноси који се остварују у оквиру органских система знатно нижи, али су овакви системи прилагодљивији променљивим агро-еколошким условима; и могу да обезбеде храну бољег нутритивног квалитета, уз мање, или без резидуа, пестицида (Reganold, Wachter, 2016). Уштеде на име пестицида и минералних ђубрива су веће, уз рециклирање и интензивније коришћење свих природних ресурса, што додатно даје предност оваквом типу производње (Röös *et al.*, 2018). Такође је важно истаћи да су органски системи у земљама у развоју конкурентни по висини приноса, или чак дају и веће приносе у појединим случајевима, у односу на конвенционалне, доприносећи већој сигурности у производњи хране (Scialabba, Müller-Lindenlauf, 2010). Посебно је важно истаћи да све више расте потреба тржишта за органским и еко-сертификованим производима и да су у многим развијеним земљама, посебно када је Европа у питању, потребе знатно веће у односу на производњу. Купци, посебно у развијеним земљама, су спремни да плате већу цену оваквих производа; јер очекују и њихов већи квалитет. Тако, потрошња органских производа у земљама као што су Данска, Аустрија и Швајцарска износи 4,5-5,5% од укупне потрошње хране. Битно је напоменути и да је органска производња максимално подржана у оквиру руралног развоја у већини европских држава, представљајући сектор са најинтензивнијим развојем у индустрији производње хране (2008). На основу наведеног; може се рећи да ће површине, како под органском; тако и под другим типовима одрживе производње, а на рачун конвенционалне пољопривреде, убрзано расти у блиској будућности. Сходно томе, смањиваће се потреба за минералним ђубривима, а рашће потреба тржишта за различитим типовима еко-ђубрива која обогаћују земљиште са минералима и другим био-активним компонентама, омогућавајући већу приступачност минерала, циклирање минерала у оквиру агро-екосистема, побољшавајући раст и развој биљака.

Земљишта брдско планинских подручја и значај исхрана биљака

Потреба за производњом нутритивно богате хране, нарочито када су у питању минерални елементи, ставља у први план квалитет земљишта, као основног ресурса. Када су у питању земљишта брдско-планинског подручја Србије, Petrović (1994) истиче њихову хетерогеност: од бонитета V до VIII класе у планинским подручјима до бонитета III и IV класе у долинама река и котлина, и у односу на то дефинисање правца пољопривредне производње на њима. Једна од важних ставки везаних за земљишта брдско-планинских подручја је ерозија. Захваљујући процени фактора који условљавају ерозију, могуће је дефинисати осетљива подручја и планирати адекватне конзервацијске процесе (Petrović *et al.*, 2013). Осим ерозије, и други фактори утичу на губитке и деградацију, посебно када су у питању земљишта брдско-планинског подручја, као што су: промена намене коришћења, смањење органске материје земљишта, закишељавање, загађење (од индустрије; до нерационалне примене агро-хемикалија), као и други облици физичког пропадања (Ličina *et al.*, 2011). Заправо, захваљујући одређивању осетљивих тачака, детаљној анализи хемијског и механичког састава; као и могућности ораничног слоја, могуће је дефинисати које врсте би могле успешно да се гаје и на оваквим земљиштима.

Потребно је нагласити да сва земљишта имају ограничен буџет хранива и да смањени буџет резултира већим или мањим недостатцима. Познато је да је велики део обрадивих површина дефицитаран у приступачном цинку и гвожђу, и да њихов недостатак представља светски проблем, јер не само да доводи до смањења приноса биљака, већ има за последицу и озбиљне здравствене проблеме код људи (Alloway, 2009; Graham *et al.*, 2012). Nikolic *et al.* (2016) су анализирали узорке земљишта и зрна хлебне пшенице из различитих делова Србије и утврдили да недостатак ова два елемента у земљиштима није толико изражен, али да је њихова концентрација у зрну, и нарочито у белом брашну произведеном од таквог зрна, изразито ниска. Такође, недостатак селена у односу на већину елемената у Србији је посебно изражен, кренувши од земљишта, преко биљака, па све до животиња и човека, представљајући висок фактор ризика за људско здравље, (Maksimović, Djujić, 1998).

Битно је напоменути и да укупни садржај минералних елемената није оптималан показатељ снабдевености, већ да њихова приступачност зависи како од механичког, тако и од хемијског састава земљишта, земљишних микроорганизама и самог усева који се гаји, тј, излучевина корена биљака које у већој или мањој мери могу повећати приступачност елемената из облика из којих их биљке не могу усвојити. Dinić *et al.* (2019) су показали да киселост земљишта у високом степену утиче на приступачност Ni, Mn, Pb, и Cu, као и њихово усвајање од стране корена биљака. Такође, садржај органске материје и глине, у мањем степену, утичу на приступачност микро-елемената. Ово је посебно важно; када су у питању тешки метали, односно токсични елементи, као што су Ni, Mn, Pb, Cu, Al, Hg, Cd, чија акумулација може довести како до застоја у расту и развићу биљака, тако и до озбиљних здравствених проблема код људи и животиња, уколико се хране оваквим биљкама. Такође, хемијски састав матичне стене на којој се формира земљиште, као и близина индустријских центара и површина која се налазе у близини некадашњих рудника, могу представљати потенцијални извор контаминације биљака, односно хране. Тако су ултрабазне стене и серпентинске подлоге у западној Србији и Босни богате са Cr, Ni, Mg, Co и Fe, док се у близини индустријских и урбаних зона такође могу наћи високе концентрације тешких метала у земљишту. Без обзира на наведене чињенице, важно је пратити мобилност и приступачност потенцијално токсичних елемената у земљиштима, као и гајити усеве са смањеном способношћу њиховог усвајања, уз паралелно примењивање специфичних агротехничких мера које спречавају улазак наведених елемената у ланац исхране (Manojlović, Singh, 2012). Исти аутори истичу да, без обзира на постојање потенцијалног загађења токсичним елементима, када су у питању есенцијални микро-елементи; недостатак је доминантнији, нарочито Zn, Fe, Cu и Se, те је потребно развити стратегије које подржавају њихово боље и ефикасније усвајање.

Додатно, многи елементи могу бити међусобни анатагонисти или синергисти; кад је у питању усвајање од стране корена, а такође се могу позитивно или негативно одразити на раст и развој корена, спречавајући или стимулишући усвајање других елемената. Тако, на пример, код биљака које расту на земљиштима дефицитарним у појединим минералним елементима, са додатком минералних ђубрива може доћи до вишеструког повећања масе корена, које некад може бити праћено скраћењем дужине корена, док при оптималној снабдевености минералним хранивима корен развија знатно више коренових длачица и захваљујући томе повећава способност усвајања воде и минералних хранива из земљишта (Sathiyavani *et al.*, 2017). Паралелно са развијањем система мера којима би се повећала приступачност есенцијалних минералних елемената, повећање органске материје земљишта је једна од кључних ставки одрживе и успешне пољоприв-

редне производње. Закони у сектору агро-индустрије Европске Уније истичу важност органске материје, као индикатора плодности земљишта са једне стране, а са друге као и начина секвестрације, односно очувања угљеника, чиме би се смањила емисија угљен-диоксида у атмосферу (Lugato *et al.*, 2014). С тим у вези, подржани су сви системи пољопривредне производње који се повољно одражавају на повећање органске материје и смањење респирације земљишта. Посебна важност у оквиру тога је дата органској пољопривреди, при чему Србија поседује велики потенцијал. Олјаџа *et al.* (2008) истичу да су планински региони Србије један од шест центара биодиверзитета умерене климе и да је за очување ових реона потребно успоставити интегралну стратегију руралног развоја, посебно када је у питању органска производња. Аутори истичу да органска производња, као тип пољопривреде, у највећој мери одговара заштићеним подручјима, с обзиром да не угрожава природне ресурсе, већ напротив може чак да допринесе повећању биодиверзитета; захваљујући низу мера; као што су плодореци, који укључују ротацију једногодишњих, а посебно вишегодишњих легуминоза, уз рационално коришћење стајњака и/или других органских ђубрива (Watson *et al.*, 2008).

Органска ђубрива као извор биљних хранива

Захваљујући високом степену специјализације у пољопривреди, која чак иде до нивоа земаља специјализованих за производњу одређених пољопривредних производа (хране), кружење хранива кроз агро-екосистем је поремећено. Овај процес је нарочито потпомогнут широком применом минералних ђубрива, тако да је стајњак, као извор хранива, у великој мери запостављен и потцењен (Schröder, 2005). Без обзира што је много лакше руковати са минералним ђубривима и одредити њихову потребну количину, примена стајњака је непроцењива из аспекта његове нутритивне вредности, јер обезбеђује сва потребна макро- и микро-хранива гајеним биљкама, и то током неколико сетвених сезона. У односу на наведено, смањење сточног фонда, како у Европи; тако и у Србији, у великој мери условљава могућност примене овог високо-квалитетног извора хранива. Стога су Martin *et al.* (2016) предложили различите форме интеграције биљне и животињске производње, као меру сигурности у обезбеђивању хранива биљкама, као у производњи хране генерално. Међутим, важно је напоменути да се дуготрајна примена стајњака као и других органских ђубрива, позитивно одражава на повећање нивоа органске материје у земљишту, али однос и ниво хранива у њима је другачији у односу на хранива изнета са приносом гајених биљака. Због наведеног може доћи до експресне акумулације поједних хранива, као и њихових губитака, посебно када је у питању азот, али и фосфор, када су земљишта лака и пропусна. Из тог разлога Edmeades (2003) не препоручује употребу стајњака као трајно, односно дугорочно решење. Контролисана примена уноса (високо-прецизна пољопривреда) би могла у великој мери да смањи могућност губитака и загађења, у погледу количине, времена, места и начина примене стајњака.

Поред стајњака, један од популарнијих и добро познатих начина за производњу органских ђубрива је компостирање, које представља ефикасну и јефтину методу, уколико се правилно спроводи. Чврст органски отпад представља глобални проблем и његовим компостирањем, као одрживом праксом, могу се решити бројни проблеми, укључујући рециклирање органског отпада из градских подручја, као и био-ремедијацију загађених подручја (Shiralipour *et al.*, 1992; Taiwo, 2011). Овако произведен компост се најчешће користи за гајење украсних биљака, а када је у питању био-ремедијација, претходно је

потребно извршити фито-екстракцију биљне биомасе, или најчешће спаљивање, као најједноставнију и најисплативију меру (Sas-Nowosielska *et al.*, 2004). Међутим, када је у питању пољопривредна производња, важно је истаћи да се компостирањем у високом степену побољшава квалитет земљишта, од механичког састава преко способности задржавања воде, повећања органске материје; као и смањења испирања растворљивих облика азота у односу на стандардну примену минералних ђубрива (Evanylo *et al.*, 2008). Посебни бенефити у односу на квалитет земљишта и гајених биљака се могу добити употребом верми-компоста (глистењака), који осим веће приступачности минерала, садржи и бројне био-активне супстанце које стимулишу раст биљака (Solis-Mejia *et al.*, 2012).

Један од начина рециклирања угљеника, не тако познат у Србији, је употреба био-хара, тј. пиролизованог биљног остатака, који се сматра једним од најефикаснијих начина секвестрације угљеника; (Maјumder *et al.*, 2019), нарочито ако се зна да биохар значајно смањује губитке у односу на жетвени индекс минералних хранива (Yadav *et al.*, 2019). Међутим, и даље је, због саме производње, присутан проблем његове економске оправданости.

Када су у питању бенефити гајених биљака, у односу на претходно наведена органска ђубрива, малчирање и тзв. зеленишна ђубрива све више стичу популарност у Србији. Малчирање је одавно позната метода којом се штити земљиште од неповољних метеоролошких услова, задржава влага, повећава температура земљишта, спречава раст корова, те се смањује и употреба хербицида и минералних ђубрива (Rupali, Sandeep, 2017). У повртарству се најчешће користе биоразградиве пластичне фолије различитих перформанси које су у данашње време прилагођене за одређене усеве (Lamont, 2017). Своју оправданост су пронашли и картонски, односно папирни малчеви, који се релативно брзо након постављања разлажу и инкорпорирају у земљиште (Naarala *et al.*, 2014).

Еколошки најрационалнији начин обогаћивања земљишта органском материјом је употреба зеленишних, односно покровних усева, који попут малча имају вишеструку улогу, од спречавања ерозије и утицаја неповољних временских услова, па све до контроле закоровљености, рециклирања минералних хранива; као и смањења испирања азота и емисије ГХГ (Hartwig, Ammon, 2002; White *et al.*, 2017; Abdalla *et al.*, 2019; Simić *et al.*, 2020). Захваљујући фотосинтези они везују угљен-диоксид из атмосфере, док су махунарке способне да користе и атмосферски азот, обогаћујући на тај начин земљиште додатно угљеником и азотом након инкорпорирања биомасе покровних усева. Стога се системи гајења који укључују зеленишна ђубрива; сматрају системима који превазилазе пољопривредну продукцију. Резултати 10-годишњих истраживања су показали; да се применом зеленишних ђубрива осигурава производња, уз редукацију улагања у пестициде и ђубрива, што је посебно значајно када се узме у обзир раст цена агро-хемикалија (Schipanski *et al.*, 2014; Daryanto *et al.*, 2018; Jacobs *et al.*, 2022). Покровни усеви се могу користити како при гајењу једногодишњих усева, тако и код вишегодишњих засада. У ту сврху могу се користити различите биљне врсте, једногодишње (озиме или јаре и њихове комбинације), као и вишегодишње биљке, које се наменски бирају и комбинују у зависности од карактеристика земљишта, климатских услова, као и типа основног усева (Cherr *et al.*, 2006). Показало се да су легуминозе, као и њихове комбинације с травнатим усевима, супериорније у погледу приноса и квалитета (нпр. већи ниво протеина, минерала) у low-input системима (Wortman *et al.*, 2012; Kramberger *et al.*, 2014; Janosevic *et al.*, 2017; Marcillo, Miguez, 2017; Dragicevic *et al.*, 2021). Потребно је нагласити да покровни усеви имају значајну улогу у органским системима, повећавајући значајно њихову продуктивност (Watson *et al.*, 2008).

Значај био-ђубрива за биљке и агро-екосистем

Заједно са осталим агро-хемикалијама, интензивна употреба минералних ђубрива је довела до смањења нивоа органске материје и до губитка биодиверзитета земљишта, резултирајући поремећајем еколошког баланса. Захваљујући бројним деградабилним променама агро-екосистема, као одрживи тренд све већу популарност добија и примена микробиолошких, односно, тзв. био-ђубрива, која се начелно састоје од органског носача са појединачним микроорганизмима или групама (конзорцијума) микроорганизама: промовишућих бактерија (ПГПР), ендо- и екто-микоризних гљива, цијанобактерија и многих других, који позитивно утичу, како на раст и развој гајених биљака, тако и на квалитет земљишта. Наведени микроорганизми помажу боље усвајање минералних елемената обезбеђујући биљке са оптималним концентрацијама P, Ca, Cu, Zn, као и других важних елемената, омогућавају боље усвајање воде и луче одређен супстанце којима додатно подржавају раст и развој биљака, повећавајући толерантност на стресне факторе, отпорност на болести и патогене, и фитнес биљака, уопште. Наиме, познато је да су бројни земљишни микроорганизми способни да ублаже ефекте екстремних услова, односно абиотског стреса, као што су суша, салинитет, киселост, загађење и недостатак појединих елемената. Осим ПГПР, значајну улогу имају и арбускуларне микоризне гљиве (АМФ) и микоризне бактерије, које у синергији са матичним микроорганизмима позитивно утичу на раст и развој биљака (Odoh *et al.*, 2020). Стога, Mishra *et al.* (2013) и Roychowdhury *et al.* (2017) и истичу важност био-ђубрива као новог и одрживог начина који подржава смањење употребе минералних ђубрива, са позитивним утицајем на окружење, чиме постају интегрални део одрживог управљања минералним хранивима.

Микроорганизми из био-ђубрива су способни да везују атмосферски азот, као и да ослобађају азот и фосфор из слабо приступачних облика (нерастворних минералних или органских) у облике које биљке могу одмах да усвоје, да смањују загађеност и да допринесу целокупном здрављу земљишта, генерално. Она доприносе смањеној употреби агро-хемикалија, подржавајући одрживост пољопривреде (Rashid *et al.*, 2016). Посебна важност је дата микроорганизмима који су способни да везују атмосферски азот, било да се ради о симбионтима који живе на корену легуминоза или слободним азотофиксаторима, јер се показало да је много мања вероватноћа да ће доћи до губитка азота из земљишта; који је микробиолошки везан (Jensen, Hauggaard-Nielsen, 2003).

Односи између гајених биљака и микроорганизама су динамичке природе и зависе од бројних фактора, укључујући карактеристике земљишта, заступљеност и активност појединих група микроорганизама, као и врсту усева, фенофазу и тип био-ђубрива (Vollú *et al.*, 2018). С обзиром да се ради о живим организмима, који интерреагују са кореном биљака и целокупним окружењем у земљишту, врло је тешко проценити њихову конкретну ефикасност и конзистентност у односу на гајене биљке. Успешна производња био-ђубрива, односно њихов квалитет, су примарно везани за иновативне технологије у односу на функционалну улогу ПГПР у односу на гајене биљке, и њихову примену у одрживој пољопривреди (Bhardwaj *et al.*, 2014). Посебна пажња је дата земљишним микроорганизмима, односно био-ђубривима, као начину разградње жетвених остатака, посебно при употреби покровних усева и у органској производњи, где се повољно одражавају на повећање земљишног биодиверзитета, захваљујући како уносу жетвених остатака покровних усева тако и интерреакцији са постојећим микроорганизмима из земљишта (Gosling *et al.*, 2006; Njeru *et al.*, 2014).

Закључак

Пољопривреда у свету и у Србији трпи многобројне последице климатских промена и загађења, које резултирају проблемима у производњи хране. У односу на трећу аграрну револуцију, тј. индустријски период у пољопривредној производњи где је значајно повећан утицај на животну средину кроз загађење, деградацију и драстично смањење плодности земљишта, данас се све већа пажња, посебно у Европи, посвећује одрживим мерама пољопривреде, које поред позитивног утицаја на повећање приноса и квалитет пољопривредних производа, подржавају и агро-екосистем, с посебним нагласком на плодност зељишта.

Брдско-планинска подручја су посебно осетљива због карактеристика земљишта, која су углавном мање моћности, нижег нивоа органске материје и специфичног хемијског састава, склона различитим типовима ерозије и деградације, те је стога примена одрживих и конзервацијских система посебно значајна за ове реоне. Посебан значај има органска пољопривреда, као и други регенеративни системи који имају за циљ очување земљишта и повећање органске материје, што последично утиче и на повећање производног капацитет гајених биљака, не само у погледу приноса, него и у погледу квалитета, кроз бољу снабдевеност хранивима. Паралелно, бенефити се огледају и у повећању биодиверзитета и регенерацији агро-екосистема. С наведене тачке гледишта, основну улогу имају органска и био-ђубрива, која кроз смањење уноса агро-хемикалија (посебно минералних ђубрива) остварују уштеде, повећавају принос и квалитет гајених биљака, уз истовремену регенерацију агро-екосистема. На овај начин могуће је повећати сигурност и квалитет производње у брдско-планинским подручјима.

Литетарура

1. (2008): Vision for an Organic Food and Farming Research Agenda 2025. Organic Knowledge for the Future, Bonn. Prepared by Urs Niggli, Anamarija Slabe, Otto Schmid, Niels Halberg and Marco Schluter.
2. Abdalla M., Hastings A., Cheng K., Yue Q., Chadwick D., Espenberg M., Truu J., Rees R.M., Smith P. (2019): A critical review of the impacts of cover crops on nitrogen leaching, net greenhouse gas balance and crop productivity, *Global Change Biology* 25 (8), 2530-2543.
3. Alloway B.J. (2009): Soil factors associated with zinc deficiency in crops and humans, *Environmental Geochemistry and Health* 31 (5), 537-548.
4. Bhardwaj D., Ansari M.W., Sahoo R.K., Tuteja N. (2014): Biofertilizers function as key player in sustainable agriculture by improving soil fertility, plant tolerance and crop productivity, *Microbial Cell Factories* 13, 1-10.
5. Cherr C.M., Scholberg J.M.S., McSorley R. (2006): Green manure approaches to crop production: A synthesis, *Agronomy Journal* 98 (2), 302-319.
6. Daryanto S., Fu B., Wang L., Jacinthe P.A., Zhao W. (2018): Quantitative synthesis on the ecosystem services of cover crops, *Earth-Science Reviews* 185, 357-373.
7. Dinić Z., Maksimović J., Stanojković-Sebić A., Pivić R. (2019): Prediction models for bioavailability of Mn, Cu, Zn, Ni and Pb in soils of Republic of Serbia, *Agronomy* 9 (12), 856.
8. Dragicevic V., Dolijanović Ž., Janosevic B., Brankov M., Stoiljkovic M., Dodevska M.S., Simić M. (2021): Enhanced nutritional quality of sweet maize kernel in response to cover crops and bio-fertilizer, *Agronomy* 11 (5), 981.
9. Edmeades D.C. (2003): The long-term effects of manures and fertilisers on soil productivity and quality: A review, *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 66, 165-180.
10. Evanylo G., Sherony C., Spargo J., Starner D., Brosius M., Haering K. (2008): Soil and water environmental effects of fertilizer-, manure-, and compost-based fertility practices in an organic vegetable cropping system, *Agriculture, Ecosystems & Environment* 127 (1-2), 50-58.
11. FAO (2012): Achieving food security in the face of climate change, Final report from the Commission on Sustainable Agriculture and Climate Change.
12. Graham R.D., Knez M., Welch R.M. (2012): How much nutritional iron deficiency in humans globally is due to an underlying zinc deficiency?, *Advances in Agronomy* 115, 1-40.
13. Gosling P., Hodge A., Goodlass G., Bending G.D. (2006): Arbuscular mycorrhizal fungi and organic farming, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 113 (1-4), 17-35.
14. Haapala T., Palonen P., Korpela A., Ahokas J. (2014): Feasibility of paper mulches in crop production-A review, *Agricultural and Food Science* 23(1), 60-79.
15. Hartwig N.L., Ammon H.U. (2002): Cover crops and living mulches, *Weed Science* 50 (6), 688-699.
16. Jacobs A.A., Evans R.S., Allison J.K., Garner E.R., Kingery W.L., McCulley R.L. (2022): Cover crops and no-tillage reduce crop production costs and soil loss, compensating for lack of short-term soil quality improvement in a maize and soybean production system, *Soil and Tillage Research* 218, 105310.
17. Janosevic B., Dolijanovic Z., Dragicevic V., Simic M., Dodevska M., Djordjevic S., Moravcevic D., Miodragovic R. (2017): Cover crop effects on the fate of N in sweet maize (*Zea mays L. saccharata* Sturt.) production in a semiarid region, *International Journal of Plant Production* 11 (2), 287-294.

18. Jensen E.S., Hauggaard-Nielsen H. (2003): How can increased use of biological N₂ fixation in agriculture benefit the environment?, *Plant and Soil* 252, 177–186.
19. Kramberger B., Gselman A., Kristl J., Lešnik M., Šuštar V., Muršec M., Podvršnik M. (2014): Winter cover crop: The effects of grass-clover mixture proportion and biomass management on maize and the apparent residual N in the soil, *European Journal of Agronomy* 55, 63-71.
20. Lamont W.J. (2017): *Plastic mulches for the production of vegetable crops*, “A Guide to the Manufacture, Performance, and Potential of Plastics in Agriculture”, ed. Orzolek M., Elsevier, 45-60.
21. Ličina V., Nešić L., Belić M., Hadžić V., Sekulić P., Vasin J., Ninkov J. (2011): The soils of Serbia and their degradation, *Ratarstvo i povrtarstvo*, 48 (2), 285-229.
22. Lin B.B., Chappell M.J., Vandermeer J., Smith G., Quintero E., Bezner-Kerr R., Griffith D.M., Ketcham S., Latta S.C., McMichael P., McGuire K.L., Nigh R., Rocheleau D., Soluri J., Perfecto I. (2011): Effects of industrial agriculture on climate change and the mitigation potential of small-scale agro-ecological farms, *CABI Reviews*, 1-18.
23. Lugato E., Panagos P., Bampa F., Jones A. Montanarella L. (2014): A new baseline of organic carbon stock in European agricultural soils using a modelling approach, *Global Change Biology* 20 (1), 313-326.
24. Majumder S., Neogi S., Dutta T., Powel M.A., Banik P. (2019): The impact of biochar on soil carbon sequestration: Meta-analytical approach to evaluating environmental and economic advantages, *Journal of Environmental Management* 250, 109466.
25. Maksimović Z., Djujić I. (1998): Selenium research in Serbia, Yugoslavia, *Journal of Environmental Pathology, Toxicology and Oncology: Official Organ of the International Society for Environmental Toxicology and Cancer* 17 (3-4), 165-171.
26. Manojlović M., Singh BR. (2012): Trace elements in soils and food chains of the Balkan region, *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science* 62 (8), 673-695.
27. Marcillo G.S., Miguez F.E. (2017): Corn yield response to winter cover crops: An updated meta-analysis, *Journal of Soil and Water Conservation* 72 (3), 226-239.
28. Martin G., Moraine M., Ryschawy J., Magne M.A., Asai M., Sarthou J.P., Duru M., Therond O. (2016): Crop–livestock integration beyond the farm level: A review, *Agronomy for Sustainable Development* 36 (3), 53.
29. Mishra D.J., Singh R., Mishra U.K., Shahi S.K. (2013): Role of bio-fertilizer in organic agriculture: A review, *Research Journal of Recent Sciences* 2, 39–41.
30. Nikolic M., Nikolic N., Kostic Lj., Pavlovic J., Bosnic P., Stevic N., Savic J., Hristov N. (2016): The assessment of soil availability and wheat grain status of zinc and iron in Serbia: Implications for human nutrition, *Science of the Total Environment* 553, 141-148.
31. Njeru E.M., Avio L., Sbrana C., Turrini A., Bocci G., Bàrberi P., Giovannetti M. (2014): First evidence for a major cover crop effect on arbuscular mycorrhizal fungi and organic maize growth, *Agronomy for Sustainable Development* 34, 841-848.
32. Odoh C.K., Sam K., Zabbey N., Eze C.N., Nwankwegu A.S., Laku C., Dumpe B.B. (2020): *Microbial consortium as biofertilizers for crops growing under the extreme habitats*, “Plant Microbiomes for Sustainable Agriculture”, eds. Yadav A., Singh J., Rastegari A., Yadav N., Springer, Cham, 381-424.
33. Oljača S., Glamočlija Đ., Kovačević D., Oljača M., Dolijanović Ž. (2008): Potencijali brdsko-planinskog regiona Srbije za organsku poljoprivrednu proizvodnju, *Poljoprivredna tehnika* 33 (4), 61-68.

34. Perović V., Životić L., Kadović R., Đorđević A., Jaramaz D., Mrvić V., Todorović M. (2013): Spatial modelling of soil erosion potential in a mountainous watershed of South-eastern Serbia, *Environmental Earth Sciences* 68, 115–128.
35. Petrović S.M. (1994): Poljoprivredno zemljište kao faktor razvoja biljne proizvodnje u brdsko-planinskom području Srbije, *Ekonomika poljoprivrede* 41 (10-12), 303-315.
36. Rashid A., Mir M.R., Hakeem K.R. (2016): *Biofertilizer use for sustainable agricultural production*, “Plant, Soil and Microbes”, eds. Hakeem K., Akhtar M., Abdullah S., Springer, Cham, 163-180.
37. Reganold J., Wachter J. (2016): Organic agriculture in the twenty-first century, *Nature Plants* 2 (2), 1-8.
38. Rööös E., Mie A., Wivstad M., Salomon E., Johansson B., Gunnarsson S., Wallenbeck A., Hoffmann R., Nilsson U., Sundberg C., Watson C.A. (2018): Risks and opportunities of increasing yields in organic farming. A review, *Agronomy for Sustainable Development* 38, 1-21.
39. Roychowdhury D., Mondal S., Banerjee S.K. (2017): The effect of biofertilizers and the effect of vermicompost on the cultivation and productivity of maize - A review, *Advances in Crop Science and Technology* 5 (1), 1-4.
40. Rupali S., Sandeep B. (2017): Effect of mulching on soil and water conservation - A review, *Agricultural Reviews* 38 (4), 311- 315.
41. Sas-Nowosielska A., Kucharski R., Małkowski E., Pogrzeba M., Kuperberg J.M., Kryński K. (2004): Phytoextraction crop disposal - an unsolved problem, *Environmental Pollution* 128 (3), 373-379.
42. Sathiyavani E., Prabakaran N.K., Surendar K.K. (2017): Role of mineral nutrition on root growth of crop plants - A review, *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 6 (4), 2810-2837.
43. Schipanski M.E., Barbercheck M., Douglas M.R., Finney D.M., Haider K., Kaye J.P., Kemanian A.R., Mortensen D.A., Ryan M.R., Tooker J., White C. (2014): A framework for evaluating ecosystem services provided by cover crops in agroecosystems, *Agricultural Systems* 125, 12-22.
44. Schröder J. (2005): Revisiting the agronomic benefits of manure: A correct assessment and exploitation of its fertilizer value spares the environment, *Bioresource Technology* 96 (2), 53-261.
45. Scialabba N.E., Müller-Lindenlauf M. (2010): Organic agriculture and climate change, *Renewable Agriculture and Food Systems* 25 (2), 158-169.
46. Shiralipour A., McConnell D.B., Smith W.H. (1992): Uses and benefits of MSW compost: A review and an assessment, *Biomass and Bioenergy* 3 (3–4), 267-279.
47. Simić M., Dragičević V., Chachalis D., Dolijanović Ž., Brankov M. (2020): Integrated weed management in long-term maize cultivation, *Zemdirbyste-Agriculture* 107 (1), 33-40.
48. Solis-Mejia L., Islas-Espinoza M., Esteller M.V. (2012): Vermicomposting of sewage sludge: Earthworm population and agronomic advantages, *Compost Science & Utilization* 20 (1), 11-17.
49. Taiwo A.M. (2011): Composting as a sustainable waste management technique in developing countries, *Journal of Environmental Science and Technology* 4, 93-102.
50. Vollú R.E., Cotta S.R., Jurelevicius D., Leite D.C.D.A., Parente C.E.T., Malm O., Martins D.C., Resende Á.V., Marriel I.E., Seldin L. (2018): Response of the bacterial communities associated with maize rhizosphere to poultry litter as an organomineral fertilizer, *Frontiers in Environmental Science* 6, 118.

51. Watson C.A., Stockdale E.A. Rees R.M. (2008): Assessment and maintenance of soil fertility in temperate organic agriculture, CABI Reviews, 11-pp.
52. Welch R.M., Graham R.D. (1999): A new paradigm for world agriculture: Meeting human needs: Productive, sustainable, nutritious, Field Crops Research 60, 1-10.
53. Welch R.M., Graham R.D. (2005): Agriculture: The real nexus for enhancing bioavailable micronutrients in food crops, Journal of Trace Elements and Medicine Biology 18, 299-307.
54. White C.M., DuPont S.T., Hautau M., Hartman D., Finney D.M., Bradley B., LaChance J.C., Kaye J.P. (2017): Managing the trade off between nitrogen supply and retention with cover crop mixtures, Agriculture, Ecosystems & Environment 237, 121-133.
55. Wirsenius S., Azar C., Berndes G. (2010): How much land is needed for global food production under scenarios of dietary changes and livestock productivity increases in 2030?, Agricultural Systems 103 (9), 621-638.
56. Wortman S.E., Francis C.A., Lindquist J.L. (2012): Cover crop mixtures for the western corn belt: Opportunities for increased productivity and stability, Agronomy Journal 104 (3), 699-705.
57. Yadav V., Karak T., Singh S., Singh A.K., Khare P. (2019): Benefits of biochar over other organic amendments: Responses for plant productivity (*Pelargonium graveolens* L.) and nitrogen and phosphorus losses, Industrial Crops and Products 131, 96-105.

SUMMARY

Natural Resources as a Source Of Nutrients – The Role of Organic and Bio-Fertilizers in Plant Nutrition

Vesna Dragičević¹, Milena Simić², Milena Šenk³, Natalija Pavlović⁴,
Dušan Kovačević⁵, Snežana Mladenović Drinić⁶, Milan Brankov⁷

Modern agricultural production is faced with a progressive reduction of arable land, soil and water pollution, extreme fluctuations in meteorological conditions, a lack of fertilizers, as well as an enormous jump in their prices. The use of mineral fertilizers in the long term leads to depletion of the soil with micro-nutrients and a decrease in fertility and organic matter. Today, the need for the application of different sources of nutrients that would fully satisfy the needs of crops and have a favorable effect on soil fertility is growing. Manure is one of the most important fertilizers that affects soil fertility, but the lack of livestock determines its (una) availability. Therefore, sustainable fertilization systems have been developed, such as green manures, mulch, compost and biochar, which have a favorable effect on the quality of the soil and the yield of cultivated plants, especially when used for many years. Bio-fertilizers consist of beneficial microorganisms and are a unique practice for improving soil fertility and crop yields. Individual microorganisms, as well as their consortia, can accelerate the decomposition of crop residues, increase the availability of macro- and micro-elements from the soil, and promote plant growth and fitness by synthesizing phytohormones and stimulators. It has been shown that organic and bio-fertilizers, especially with long-term application, can maintain and restore the fertility of eroded soils. Also, their use has a favorable effect on the growth and yield potential of cultivated plants, providing them with all the necessary macro- and micro-elements, as well as numerous other protective and stimulating substances.

Key words: fertilization, soil fertility, organic matter, micro-elements, macro-elements

¹ Maize research Institute “Zemun Polje”, Slobodana Bajića 1, Belgrade, Serbia (vdragicevic@mrizp.rs)

² Maize research Institute “Zemun Polje”, Slobodana Bajića 1, Belgrade, Serbia

³ Maize research Institute “Zemun Polje”, Slobodana Bajića 1, Belgrade, Serbia

⁴ Maize research Institute “Zemun Polje”, Slobodana Bajića 1, Belgrade, Serbia

⁵ University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Nemanjina 6, Belgrade-Zemun, Serbia

⁶ Maize research Institute “Zemun Polje”, Slobodana Bajića 1, Belgrade, Serbia

⁷ Maize research Institute “Zemun Polje”, Slobodana Bajića 1, Belgrade, Serbia