

Значај биомасе у одрживом управљању пољопривредним земљиштем

Весна Тунгуз, Ново Пржуљ

Сажетак: *Формирање земљишта дуготрајан је природни процес, док се она деградацијом брзо уништавају, што доводи до смањења потенцијала земљишта као услова опстанка човјека и живог свијета на планети Земљи. У циљу повећања приноса гајених биљака и продукције хране, у другој половини XX и почетком XXI вијека интензивно су се примјењивале агрохемикалије – хемијска ђубрива и пестициди, што је довело до погоршања динамичке равнотеже екосистема земљишта и загађења водотока. Пољопривредно оранично земљиште, чији је површински слој разрахљен и често током године недовољно заштићен вегетацијом, изложено је ерозији усљед дјеловања вјетра и воде. Осим природних, и антропогени фактори доприносе смањењу пољопривредних површина и смањењу квалитета обрадивог земљишта. Иако је најзначајнији природни ресурс човјечанства, претјераним или неодговорним коришћењем земљишта долази до снижавања његове продуктивности и, коначно, трајне деградације. Повећавање употребе вјештачких ђубрива, стајњака и осоке који настају на фармама и промјене у коришћењу земљишта главни су фактори прогресивног повећања*

Цитирање: Тунгуз В, Пржуљ Н (2023) Значај биомасе у одрживом управљању пољопривредним земљиштем. У: Тркуља В, Говедар З, Пржуљ Н (уредници) Управљање ресурсима у производњи и преради биомасе. Академија наука и умјетности Републике Српске, Бања Лука, Монографија LII:141–218

Cite as: Tunguz V, Pržulj N (2023) The importance of biomass in sustainable agricultural soil management. In: Trkulja V, Govedar Z, Pržulj N (eds) Resource management in biomass production and processing. Academy of Sciences and Arts of the Republic of Srpska, Banja Luka, Monograph LII:141–218

нитрата и нитрита у води у посљедњих 25 година. Током интензивног коришћења плодност земљишта се мијења – углавном смањује због исцрпљивања приносом биљака и губитака биљних хранива, закисељавања или алкализације и смањења садржаја органске материје. Плодност земљишта је у јакој корелацији са квалитетом земљишта и представља способност земљишта да омогући гајеним биљкама оптималну акумулацију биомасе уз минимално коришћење стајњака и минералних ђубрива. Брига о земљишним ресурсима, његовим природним богатствима и биолошкој дивергентности постаје предмет интересовања све већег процента хумане популације, а не само оног дијела који се бави пољопривредом, те све више постаје одговорност цијелокупног друштва.

Човјек својом активношћу, најчешће пољопривредном производњом, може да повећа или смањи плодност земљишта. Заштита земљишта од ерозије и повећање количине органске материје у земљишту представљају посебно значајне мјере у одрживом управљању пољопривредним земљиштем. Инкорпорирањем жетвених остатака повећава се садржај органске материје у земљишту, а примјена зеленог ђубрива и покровног усјева у плодореду штити земљиште од ерозије и побољшава његове физичке, хемијске и биолошке особине.

Заоравањем жетвених остатака повећава се садржај хранива, органске материје и хумуса у земљишту, повећава се микробиолошка активност земљишта, поправљају водно-ваздушне и физичке особине земљишта, побољшава структура земљишта, и то све заједно доприноси повећању плодности земљишта и, на крају, и приноса. Жетвени остаци су вриједан производ јер садрже велику количину енергије неопходне за микроорганизме, која се треба искористити на парцели заоравањем, а не уклањањем са парцеле. Хранљиве материје у жетвеним остацима налазе се на мјесту примјене, непотребан је транспорт, а имају исту хранидбену вриједност као стајњак. Зависно од биљне врсте, заоравањем жетвених остатака за наредни усјев обезбјеђује се 20%–25% азота, 25%–50% фосфора и 30%–80% калијума. Разградња жетвених остатака у земљишту врши се дјеловањем два процеса: (1) разградња до воде, угљен-диоксида, амонијака и минералних материја које може користити наредни усјев; и (2) трансформација у хумус. Примјена азотних ђубрива са заораном надземном биомасом значајно доприноси повећању садржаја хумуса и ефикасности задржавања угљеника у земљишту.

Планирано уношење у земљиште надземне биомасе усјева који се гаји искључиво у ту сврху назива се зелено ђубрење или сидерација, а сам усјев који се користи за зелено ђубрење назива се зелено ђубриво или сидерат.

Сидерати имају бројне позитивне ефекте на земљиште – обогаћују га органском материјом, побољшавају биолошку активност у земљишту, утичу на педохигијену, физичке, хемијске и биолошке особине, помажу усвајање теже приступачних хранива и спречавају испирање, посебно азота. Гајењем, зелено ђубриво укључује се у плодоред, чиме се доприноси сузбијању штеточина и болести и смањује закоровљеност обрадивих површина, које би иначе биле незасијане. Гајење зеленог ђубрива у љетњим мјесецима има позитиван утицај на смањење температуре земљишта, задржавање воде, очување микроорганизама од директне сунчеве свјетлости те штити земљиште од ерозије. Биљке које се користе за зелено ђубриво треба да имају снажан коријенов систем и да се карактеришу брзим растом и брзим развијањем зелене масе. Пожељно је да имају способност везивања атмосферског азота и усвајања теже доступних хранива из дубљих слојева земљишта. Одабрани усјев за зелено ђубрење треба да створи максимално зелене масе у одређеном поднебљу. У еколошкој пољопривреди основни извор азота су легуминозне биљке, које живе у симбиози са *Rhizobium* бактеријама, које имају способност фиксирања ваздушног азота и његовог претварања у биљци приступачан облик за усвајање. Пожељно је за зелено ђубрење користити смјесе легуминоза са нелегуминозама због бољег прилагођавања и стварања што веће количине биомасе. Примјена зеленог ђубрива има и одређене недостатке: додатни трошкови за сјеме, трошкови обраде земљишта и сјетве, изостанак усјева који доноси приход, додатни посао у сезони пољских радова, могући проблеми са штеточинама и болестима због ефекта „зеленог моста“ и могућност да зелено ђубриво само по себи постане коров.

Покровни усјеви имају велики капацитет да допринесу одрживом управљању пољопривредним земљиштем и реализацији одрживе пољопривредне производње. Ови усјеви првенствено одржавају и побољшавају особине и капацитет земљишта преко његове заштите од ерозије водом и вјетром, на тај начин што поправљају структуру земљишта (стабилност агрегата), побољшавају хидрауличке особине земљишта (инфилтрација воде), повећавају садржај органског угљеника у земљишту и микробиолошку активност и смањују испирање азота, чиме се смањује загађивање подземних вода. Покровни усјеви имају корисну улогу у прилагођавању на климатске промјене и ублажавању емисије гасова стаклене баште. Различите користи од покровних усјева зависе од биљне врсте која се користи као покровни усјев (легуминозе, нелегуминозе, траве, купусњаче), времена сјетве и прекида вегетације покровног усјева и начина прекида вегетације – механички или хемијски. Врсте покровног усјева које имају

адвентивни коријен ефикасније су у заштити земљишта од ерозије од покровних усјева са осовинским коријеном. Покровни усјеви манифестују свој позитиван економски ефекат након дуготрајне употребе. Поред главних ефеката на земљиште, покровни усјеви испољавају и друге ефекте, као што су алелопатски и ефекти коришћења различитих мјешавина покровних усјева на здравље и квалитет земљишта.

Кључне ријечи: Квалитет земљишта, биомаса, жетвени остаци, зелено ђубриво, покровни усјев, легуминозе, нелегуминозне биљке

4.1. Увод

Земљиште је природни и необновљиви ресурс који испуњава различите функције животне средине, те социјалне и економске функције: продукција биомасе, пречишћавање подземних вода, резервоар гена, основа за инфраструктуру, извор сировина, и као културно наслеђе (Blum 2005). Улога земљишта је специфична – да обезбиједи неопходне услове за опстанак различитих организама, посебно биљака, без којих живот на Земљи не би могао да опстане. Земљиште је и средина у којој се одвија распадање изумрлих биљака и животиња током микробиолошких процеса. На тај начин земљиште има важну улогу у општем кружењу угљеника и многих других елемената у природи. Оно је филтер за пречишћавање воде која садржи растворене и колоидне компоненте, посебно органске супстанце које могу да се минерализују током проласка кроз аерисани површински слој земљишта (Rajković i sar. 2012). Приликом коришћења земљишта важно је да се не поремети равнотежа система (Jakovljević i sar. 1995). Формирање земљишта дуготрајан је природни процес, док се она деградацијом брзо уништавају. Да би се формирао један центиметар земљишта у умјереним климатским подручјима потребно је 200–400 година, а 3.000 година да се у том једном центиментру акумулирају супстанце које га чине фертилним (Tripathy and Raha 2019). Процеси деградације обухватају уништавање земљишта природним путем (поплаве, ерозија и сл.) и човјековом активносту (крчење шума, експлоатација минерала и руда и др.). Осим деградацијом, земљиште се у значајној мјери уништава загађивањем, тј. уношењем различитих штетних и опасних материја које изазивају нарушавање механичких, физичких, хемијских и других особина земљишта. Заједничко за све ове процесе јесте смањење потенцијала земљишта као услова опстанка човјека и живог свијета на планети Земљи.

Пројектовани пораст потражње за храном због повећања броја становника један је од главних актуелних свјетских проблема, који има највећи утицај на земљиште у многим аспектима. Смањење обрадивих површина усљед њиховог заузимања и коришћења у разне непољопривредне активности представља додатни проблем у обезбјеђењу потребних количина хране (Тунгуз 2020). У циљу повећања приноса гајених биљака и продукције хране у другој половини XX и почетком XXI вијека интензивно су се примјењивале агрохемикалије – хемијска ђубрива и пестициди (Пржуљ 2015; Pržulj et al. 2015; Pržulj et al. 2020; Pržulj and Momčilović 2012), које су имале негативан утицај на обрадиво земљиште. Минерална ђубрива додата обрадивом земљишту посебно су важна за раст и развиће биљака. Азот се сматра основним макроелементом чија примјена доводи до реализације генетичког потенцијала за принос гајених биљака, а индиректно и до очувања обрадивог земљишта усљед деградације. Фосфор је пресудан за енергетски метаболизам и незамјенљива компонента дезоксирибонуклеинске киселене, као наслеђне генетичке информације (Kastori i Maksimović 2008; Krüger and Adam 2017). Калијум је неопходан за подстицање фотосинтетских система биљака, побољшање раста биљака и повећање приноса, повећање толерантности на сушу, што омогућава гајеним биљкама раст и развиће у условима стреса (Kastori i Maksimović 2008; Jovović et al. 2015; Zahoor et al. 2017). Интензивна употреба минералних ђубрива довела је до погоршања динамичке равнотеже екосистема земљишта – флоре и фауне, као и загађења водотока.

Земљишта уопште, па и земљишта Републике Српске, изложена су различитим облицима деградације, који се могу сврстати у двије групе: (1) смањење површина и квалитета пољопривредног земљишта, као посљедица водне и еолске ерозије, заслањивања земљишта, губитка хранљивих елемената, погоршања структуре усљед примјене тешке механизације, забаривања, поплава, губитка плодности, промјене намјене земљишта и сл.; и (2) загађење земљишта као посљедица пољопривредне, рударске, енергетске, индустријске и саобраћајне дјелатности (Tunguz et al. 2019). Еолска ерозија спада у значајне факторе деградације земљишта, која прави штете, прије свега, у пољопривреди и водопривреди, али неповољно утиче и на све компоненте животне средине. Иако се појава еолске ерозије најчешће доводи у везу само са подручјима гдје је већ попримила катастрофалне размјере (пустиње, пјешчаре и сл.), процеси еолске ерозије одвијају се на скоро свим просторима и на свим земљиштима. Еолској ерозији посебно је изложено пољопривредно оранично земљиште, чији је површински слој разрахљен и често током године недовољно заштићен вегетацијом. У брдско-планинском предјелима Републике Српске доминантна је водна ерозија. Експлоатација

минералних сировина, посебно на површинским коповима, доводи до потпуне деградације земљишта. На овај начин посебно је уништено земљиште у подручју Гацка (рудник и ТЕ Гацко, депонија пепела), Угљевика (рудник и ТЕ Угљевик, депонија шљаке и пепела), Станара (копови, депонија јаловине) и Миљевине (копови) (Тунгуз 2020).

Интензивна урбанизација, развој индустрије, саобраћаја и пољопривреде на површинским слојевима земљишта остављају велике количине отпадних материја које се не могу разградити процесима самопречишћавања. Извори загађења земљишта у највећој мјери посљедица су људских активности и, у основи, могу се сврстати у три групе: отпадне воде као загађивачи земљишта, загађивачи поријеклом из атмосфере и чврст отпад различитог поријекла (Обрадовић 2010). Отпадне воде могу бити различитог поријекла: индустријске отпадне воде; загађене воде поријеклом из пољопривреде, које садрже азот и фосфор из вјештачких ђубрива, пестициде и органске материје различитог поријекла, и отпадне воде из домаћинства и од одржавања хигијене насеља. Загађивачи поријеклом из атмосфере обухватају емисије из индустријских технолошких процеса, емисије усљед сагоријевања фосилних горива, емисије поријеклом од моторних возила и емисије приликом сагоријевања различитог органског материјала. У чврст отпад спада комунални, индустријски, отпад из пољопривреде и др.

У руралним подручјима, земљиште (као и подземне и површинске воде) најчешће је угрожено загађивањем које настаје као посљедица неријешеног одводњавања отпадних вода, затим стварања дивљих депонија усљед одсуства организованог одлагања отпада, а највише усљед неодговарајуће праксе у пољопривреди, која подразумијева неконтролисана и неадекватна примјена минералних ђубрива и пестицида, као и одсуство контроле квалитета воде која се користи за наводњавање (Филиповић и Обрадовић-Арсич 2014; An et al. 2020).

Иако је најзначајнији природни ресурс човјечанства, претјераним или неодговорним коришћењем земљишта долази до снижавања његове продуктивности и, коначно, трајне деградације (Tunguz et al. 2017). Процес упропашћавања земљишта најчешће је једносмјеран, гдје не постоји реална могућност његовог враћања у претходно стање. У процесу деградације земљишта промјене су незнатне, тешко видљиве у краћем временском периоду, као што је животни вијек једне људске генерације, чиме се смањује и одлаже благовремено предузимање мјера за заустављање деструктивних процеса. Брига о земљишним ресурсима, његовим природним богатствима и биолошкој дивергентности постаје предмет интересовања све већег процента хумане популације, а не само оног дијела

који се бави пољопривредом, те све више постаје одговорност цјелокупног друштва (Tunguz et al. 2016a).

4.2. Пољопривредно земљиште у Републици Српској

У 2019. години Република Српска имала је 1.008.000 ха пољопривредног земљишта, од чега је било 816.000 ха обрадивог земљишта и 191.000 ха пашњака. У структури обрадивог земљишта оранице су заузимале површину од 577.000 ха, воћњаци и виногради 53.000 ха, а ливаде 185.000 ха (Републички завод за статистику Републике Српске 2020). На подручју Републике било је 267 км² сумњивих (минираних) површина, што чини 1,07% од укупне пољопривредне површине (BiH MAC 2014).

4.3. Квалитет земљишта

Стратегије заштите земљишта Европске комисије заснивају се на његовом одрживом коришћењу (Tóth et al. 2007). Продуктивност земљишта најчешће се дефинише као „капацитет специфичних функција земљишта унутар природног или ограничено уређеног екосистема који подржава биљну и анималну производњу, одржава или повећава квалитет воде и ваздуха и потпомаже здравље и становање људи“ (Karlen et al. 1997). По овој дефиницији, процјена квалитета пољопривредног земљишта није ограничена само на конвенционалан, односно интензиван концепт коришћења, већ обухвата и капацитет земљишта за традиционално (*low input*) и еколошко гајење.

Земљиште настаје десетинама хиљада година, а може се разним процесима деградације, природног или антропогеног поријекла, брзо уништити. Квалитет земљишта, нарочито плодност, од великог је значаја за квалитет животне средине, јер поред воде и ваздуха, земљиште представља трећу битну компоненту животне средине, те је његово очување од суштинског значаја за безбједност хране и одрживу будућност (Hansen et al. 2001; Tunguz et al. 2016b). Квалитет земљишта дефинисан је као способност земљишта да остварује своје функције у границама екосистема, одржавајући биолошку активност и обезбјеђујући животну околину за биљке и животиње (Dogan et al. 1996). Појам квалитета земљишта обухвата физичке, хемијске и биолошке особине земљишта. Физичке особине односе се на структуру, текстуру и водне и ваздушне особине земљишта. Хемијске особине подразумевају рН вриједност, садржај органске материје, садржај калцијум карбоната и хранива и способност земљишта да веже и

акумулира хранива. Биолошке особине обухватају бројност и микробиолошку активност микроорганизама. Плодност земљишта је у јакој корелацији са квалитетом земљишта и представља способност земљишта да омогући гајеним биљкама оптималну акумулацију биомасе уз минимално коришћење стајњака и минералних ђубрива (Fageria et al. 2007).

4.3.1. Хранљиви елементи (елементи биљне исхране)

Иако биљке усвајају велики број хемијских елемената, биогени или есенцијални елементи обухватају 17 хемијских елемената без којих биљке не могу опстати (Vukadinović VI i Vukadinović Ve 2011). У односу на количину која је неопходна за раст и развиће биљака, елементи се дијеле у три групе: (1) макроелементи (С – угљеник, О – кисеоник, Н – водоник, N – азот, Р – фосфор, К – калијум, S – сумпор, Са – калцијум, Mg – магнезијум, и Fe – жељезо); (2) микроелементи (В – бор, Mn – манган, Zn – цинк, Cu – бакар, Мо – молибден, Cl – хлор, и Ni – никл); и (3) корисни елементи (Co – кобалт, Na – натријум, Si – силицијум, Al – алуминијум, Se – селен, V – ванадијум, Ti – титанијум, La – лантанијум, Ce – церијум) (Kastori 1990). Осим ове три групе, биљке усвајају и токсичне елементе (Cr – хром, Cd – кадмијум, U – уран, Hg – жива, Pb – олово, As – арсен и др.) (Kastori 1983). Унутар макроелемената често се издваја група органогених елемената (С, О и Н), који чине више од 90% живе материје, док се N, P и S, иако учествују у органској материји, убрајају у минерална хранива, јер их биљке претежно усвајају из земљишта у минералном облику. Корисни елементи под оптималним условима раста биљака немају физиолошку улогу, али је њихов утицај кориснији што су услови раста лошији (Kastori 1990). Корисни елементи могу у неким случајевима дјелимично замијенити неке од неопходних елемената (нпр. натријум може замијенити неспецифично калијум). Остали елементи (у биљкама се може наћи више од 60) сврставају се у некорисне или чак токсичне, зависно од њиховог утицаја на раст и развиће биљака (Kastori 1990).

4.3.2. Плодност земљишта

Приликом процјене плодности и продуктивности земљишта, потребно је да се: (1) изабере показатељи (индикатори) плодности и продуктивности земљишта, (2) протумаче резултати изабраних показатеља и (3) у цјелини оцијени плодност земљишта. Најзначајније особине земљишта која се користе као показатељи плодности и погодности земљишта за оптималну исхрану и ђубрење усјева јесу: дубина земљишта, механички састав

(текстура) и структура земљишта, рН вриједност (реакција) земљишта, садржај хумуса и хранива, водни режим, сорпциона способност и садржај штетних материја (Vukadinović VI i Vukadinović Ve 2018).

Довољна дубина солума први је предуслов коришћења пољопривредног земљишта – обраде, сјетве и гајења биљака. Порастом дубине солума повећава се и ризосфера и запремина земљишта из којег биљке усвајају воду и хранива. За гајење биљака важнија је ефективна дубина земљишта, у којој су коријену доступна неопходна хранива, вода, кисеоник и ризофлора. Текстура (механички састав) спада у физичке особине земљишта и под њом се подразумева учешће појединих честица (глина, прах, пијесак, шљунак, камен) у грађи чврсте фазе земљишта, зависно од њихове величине. Структуру земљишта чине примарне честице које се у природним условима не налазе самостално него изграђују секундарне честице. Међусобни просторни распоред примарних и секундарних честица представља структуру земљишта (Belić i sar. 2014). Текстура и структура земљишта међусобно су чврсто повезане особине и представљају значајан индикатор плодности земљишта. Пошто повољна структура и текстура земљишта значе добре услове за раст коријена, добру порозност, вододрживост и прозачност земљишта, ове двије особине сматрају се мјером добре процјене плодности неког земљишта. У неструктурним, збијеним земљиштима или земљиштима која су засићена водом, нема кисеоника за дисање коријена и слаба је активност аеробних микроорганизама који разлажу органске материје у земљишту.

Сорпциона способност земљишта јесте особина земљишта да на површини својих честица везује слабим везама различите супстанце из земљишног раствора, микроорганизме и гасове, и тако чува најважније састојке од испирања. Електрична набијеност колоидних честица задржава позитивно набијене катјоне па таква хранива нису чврсто везана, лако се десорбују, замјењују другима, односно задржавају око коријена у лако усвојивом облику. Негативно набијени јони не могу се тако сорбирати па се вежу хемијски или физички, а неки се лако испирају, као што је случај са азотом и хлором. Сорпциона способност земљишта је хемијска особина, која је од есенцијалног значаја за очување плодности земљишта. Земљишта са већим садржајем хумуса и глине имају већи капацитет сорпције у односу на лакша земљишта и земљишта са мањим садржајем хумуса.

Реакција земљишта (рН) представља однос концентрације H^+ и OH^- јона у земљишту, односно изражава степен његове киселости или базности. Обрада и ђубрење земљишта утичу на промјене садржаја елемената у земљишту, посебно базних, па испирање база (углавном калцијума) доводи до промјене

прво хемијских, а након тога и физичких особина земљишта. Падавине веће од 630 мм годишње доводе до испирања база и закисељавања земљишта (Dubikova et al. 2002). Закисељавање изазивају и киселе кише, које се јављају у подручјима индустријских/енергетских објеката. Од реакције земљишног раствора зависи растворљивост многих једињења, па према томе и могућност појављивања појединих хранљивих елемената у раствору, што има директан утицај на могућност њиховог усвајања од стране биљака. Процесом закисељавања у киселим земљиштима глина се из ораничног слоја премјешта дубље, чиме се ствара водонепропусни слој који доводи до додатног закисељавања. Реакција земљишта директно утиче на мобилност хранљивих елемената, односно условљава њихову приступачност биљкама, али исто тако утиче на успијевање појединих биљних врста (Васин и сар. 2011). У јако киселим земљиштима лако покретљиви јони водоника, алуминијума и жељеза отровни су за биљке, блокирају усвајање фосфора, смањују разградњу органских материја, смањују сорптивну способност земљишта, доприносе убрзаном испирању микроелемената. У суштини, земљишта са ниском или високом вриједности рН одликују се лошом структуром и ниским производним капацитетом. Вриједности рН мјерене у води представљају активну киселост земљишта, а мјерене у 1 М КСl потенцијалну супституциону киселост, која је значајна за употребу минералних ђубрива, јер показује колико може да се повећа активна киселост земљишта при употреби ђубрива у облику неутралних соли. Реакција земљишта има великог значаја за препоруке примјене ђубрива, на избор ђубрива, њихове дозе и друге примјене. За потребе контроле плодности земљишта и примјене ђубрива користи се рН-вриједност у 1М КСl. Ратарске и повртарске гајене биљке имају различите захтјеве према реакцији земљишта. Оптимална рН вриједност за већину гајених биљака најчешће се креће између 6,5 и 7,7, односно од слабо киселе до слабо алкалне реакције. Земљишта која су слабо киселе, киселе и јако киселе реакције углавном су сиромашна до средње обезбијеђена хумусом, сиромашна фосфором и средње до добро обезбијеђена калијумом (Sumner et al. 1991).

Органска материја земљишта – хумус састоји се од остатака живих организама који су више или мање разложени и поново уграђени у органска једињења земљишта, која се потпуно разликују у односу на живу материју од које су настали (Vukadinović VI i Vukadinović Ve 2018). Непотпуно разложене, крупне честице представљају инертну органску резерву земљишта, док су колоидне честице изузетно активне и оне представљају хумус. У састав земљишног хумуса убрајају се двије групе органских једињења: хумусне материје неспецифичне природе и праве, односно специфичне хумусне материје. Хумусне материје неспецифичне природе обухватају велики број органских

једињења (угљене хидрате, масне и аминокиселине, смоле, лигнин, ферменте, витамине, антибиотике и итд.), који нису образовани као резултат процеса хумификације, већ представљају дијелом једињења ослобођена при разлагању неживих органских остатака биљака и животиња и правих хумусних материја, дијелом новообразованих једињења микрофлоре, док остали дио чине органска једињења која током живота виших биљака коријенови системи излучују у земљиште. Специфичне хумусне материје образоване су процесом хумификације органских остатака биљака и животиња. У састав специфичних хумусних материја убрајају се двије групе органских једињења: а) једињења растворљива у разблаженим растворима алкалних база и алкалних соли – хумусне киселине и њихове соли; б) једињења нерастворљивља у разблаженим растворима база – хумини (Vukadinović VI i Vukadinović Ve 2018). Хумус побољшава водно-ваздушни режим и топлотне особине земљишта јер је земљиште са више хумуса тамније боје и брже се загријава. Посебно је важна улога хумуса у настанку мрвичасте структуре земљишта која побољшава ваздушни режим и дренажу земљишта, због чега структурна земљишта вежу више воде, лакше се обрађују и мање су подложна ерозији. Хумус лако гради једињења са металима, а посебно микроелементима (хелати), што спречава њихово испирање и омогућава лакшу доступност биљкама. Хумус повећава ефикасност усвајања фосфора и микроелемената на киселим земљиштима (хумат ефекат), због чега је важан за приступачност фосфора, калцијума и гвожђа, а представља и дјелимични извор неких биогених елемената. У земљиштима која се не обрађују, која су под природном вегетацијом, интензитет настанка и разградње органске материје уравнотежен је, уз стабилан садржај хумуса. Током обраде и коришћења земљишта долази до губитка хумуса, а тај процес је спор код исправног и рационалног коришћења и обраде земљишта.

Вода је битан састојак здравих и продуктивних земљишта. Количина воде у земљишту зависи највише од текстуре и садржаја органских материја у њему. Вода је у земљишту различитим силама везана за честице земљишта, молекуле, колоиде или јоне, које коријенов систем код усвајања воде мора савладати. Због тога се вода у земљишту дијели на приступачну (слободну) и неприступачну (везану) воду. Садржај лако приступачне воде услов је за нормалну минералну исхрану, тј. усвајање хранива из земљишног раствора. Силе које воду држе уз честице земљишта су, с једне стране, тензија влажности (површинске, хидростатичке и гравитационе силе), а с друге стране дјелује осмотски притисак водене фазе земљишта (Vukadinović VI i Vukadinović Ve 2016). Велика површина честица и капиларне поре земљишта fine текстуре и повољне структуре задржавају више воде у односу на земљишта грубе текстуре. У управљању хранљивим материјама, правилан

баланс између воде и ваздуха у земљишту пресудан је, јер су и вода и ваздух потребни већини процеса који ослобађају хранљиве материје у земљиште. Земљишна вода је средина из које биљке асимилирају све биљне хранљиве материје. Вода у земљишту, која се понекад назива и раствором земљишта, садржи растворене органске и неорганске материје и преноси растворене хранљиве материје, као што су азот, фосфор, калијум и калцијум, до коријена биљке ради апсорпције. Биљке највећи дио воде усвајају коријеном из земљишта, иако је могу усвајати и преко листа и других органа. Смањење садржаја воде у земљишту изазива смањену микробиолошку активност, јер се број микроорганизама који учествују у кружењу органске материје и појединих хранљивих елемената нагло смањује (De Cima et al. 2016). Способност биљака да користе воду из резерви земљишта смањује се када проценат воде падне испод 16%–17% (60% пољског водног капацитета, који износи 24%–25%). Заостајање биљака у расту и развићу манифестује се чим се искористи влага из ораничног слоја. Подоранични и дубљи слојеви земљишта не могу надокнадити „искључивање“ ораничног слоја (0–40 цм дубине) из функције. Без присуства воде, престаје усвајање NPK и других хранива, па је биљка приморана да врши прерасподелу хранива из старијих у млађе органе (Pržulj i Momčilović 2001; Pržulj and Momčilović 2001a, 2001b, 2003). И тај процес престаје у тренутку појаве првих симптома већења. У том тренутку, садржај воде у земљишту је 11%–13% (тачка већења).

На прагу XXI вијека човјечанство се суочило са великом економском кризом која је настала због све већег исцрпљивања природних ресурса и уништавања животне средине. Конвенционална пољопривредна производња довела је до деградације ресурса који имају ограничену могућност самообнављања, а без којих је опстанак човјека немогућ. Постизање максималних приноса по јединици површине, уз занемаривање свих негативних ефеката на животну средину и здравље људи који настају претјераном и неконтролисаним примјеном агрохемикалија, основни је циљ конвенционалне примарне пољопривредне производње. Негативне посљедице оваквог приступа огледају се у све израженијем исцрпљивању необновљивих природних ресурса, као и опасним еколошким проблемима, од којих је најизраженија контаминација и деградација земљишта, вода, ваздуха и смањење биодиверзитета. Данас су огромне обрадиве површине на планети Земљи препуне и презагађене агрохемикалијама, многи корови, болести и инсекти више се не могу контролисати хемикалијама, агрохемикалије изазивају све већи број старих и нових обољења код човјека, све нехуманије утичу на живот човјека, биљни и животињски свијет и мијењају токове еволуције (Јањић и сар. 2020). Земљиште се онечишћава и великим бројем

полутаната из воде и ваздуха, посебно у близини великих градова, хемијских, металних и енергетских индустријских објеката (Tunguz et al. 2016в). Неки елементи, код високог садржаја у земљишту, посебно у киселим земљиштима, могу имати врло штетне ефекте на биљке, домаће животиње и људе. Mn, Zn, Cu, Fe, Mo, Ni, B и Cl неопходни су за исхрану биљака у ниским концентрацијама (микроелементи) (Kastori 1983, 1990). Ови елементи, у већини случајева, налазе се у земљишту у ниским концентрацијама, док веће количине Mn, Zn, Cu, Fe, Mo и Ni представљају оптерећење за животну околину (Kastori 1983). Други елементи (Cr, Cd, Hg, Pb), који се такође налазе у траговима у земљишту, али нису неопходни за биљке, углавном представљају загађиваче земљишта (Tunguz et al. 2016г). Тешки метали у земљишту могу да буду природног и антропогеног поријекла. У природи, тешки метали доспијевају у земљиште природним распадањем стијена и минерала на којима се формира земљиште, а који у свом саставу садрже и тешке метале. Најчешће, то су Cu, Zn, Ni, Pb, Al и Cr (Kastori 1983). Природни садржај тешких метала у земљишту најчешће је низак, а изузетак су земљишта у близини рудника и лежишта метала (Тунгуз 2000). У неким земљиштима постоји већа концентрација тешких метала од њихове концентрације у стијенама и минералима, на којима је настало то земљиште. Узроци повећања тешких метала код оваквих земљишта могу настати као посљедица активности индустријских објеката за прераду метала, саобраћаја и коришћења фосилних горива. Због ових активности човјека, метали се ослобађају у ваздух, и у виду кише, гасова и чађи доспијевају на површину земљишта. Издувни гасови из аутомобила загађују земљиште металима у непосредној близини путева (до 100 м). Неконтролисана употреба отпадних индустријских и комуналних вода за заливање може проузроковати контаминацију земљишта тешким металима. Коришћење компоста од градског смећа и канализационог муља такође доводи до контаминације земљишта тешким металима. Највећи негативни утицај на квалитет земљишта и вода узрокован је прекомјерном употребом агрохемикалија (органска и неорганска ђубрива и пестициди) за одржавање плодности земљишта и заштиту биљака.

Повећавање употребе вјештачких ђубрива, стајњака и осоке који настаје на фармама и промјене у коришћењу земљишта главни су фактори прогресивног повећања нитрата и нитрита у води у посљедњих 25 година (Rao and Puttanna 2000). Огромна количина загађења долази са великих фарми говеда и свиња, а, такође, клаонице и меснопрерађивачка индустрија представљају велике загађиваче. То може да повећа еутрофикацију ријека, језера и мора, као и да умањи квалитет воде за пиће и да је учини штетном за здравље људи и животиња. Закон о пољопривредном земљишту

Републике Српске (чл. 2) дефинише „опасне и штетне материје у земљишту“ као групе неорганских и органских једињења, која обухватају токсичне, корозивне, запаљиве, самозапаљиве и радиоактивне производе и отпад у чврстом, течном или гасовитом агрегатном стању и која имају опасне и штетне утицаје на земљиште. Исти закон регулише заштиту пољопривредног земљишта (чл. 17): „Забрањено је испуштање и одлагање опасних и штетних материја на пољопривредном земљишту и у каналима за наводњавање и одводњавање, у количини која може да оштети и да смањи производну способност пољопривредног земљишта и квалитет воде за наводњавање; Забрањена је неправилна употреба минералних и органских ђубрива и средстава за заштиту биља која се одражава на присуство опасних и штетних материја у пољопривредном земљишту, на пољопривредном биљу, у подземним водама и водотоцима; Министарство утврђује, у сарадњи са Министарством здравља и социјалне заштите, на основу међународних и домаћих норматива и на основу прибављеног мишљења научне стручне институције, нормативе о дозвољеним количинама опасних и штетних материја у земљишту и води за наводњавање и о методама испитивања присуства ових материја.“

Плодност земљишта је врло комплексна, јер зависи од различитих физичких, хемијских и биолошких особина самог земљишта, као и од водно-ваздушног режима (Spalević et al. 2015). Продуктивна способност земљишта јесте фактор који одређује продуктивност пољопривредне производње и подразумеива способност биљака да се преко коријеновог система снабдијевају водом и неопходним минералним материјама. Агрохемијска плодност земљишта подразумеива хемијске особине земљишта које су одређене садржајем макроелемената и микроелемената (N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Zn, Mn, Cu, Co, Mo, B, Se, Si, Na, Cl и други) и одсуством растворљивих облика штетних елемената (неки тешки метали, радионуклиди и слично) (Sekulić i sar. 2000). Током интензивног коришћења, плодност земљишта се мијења и углавном смањује због исцрпљивања приносом биљака и губитака биљних хранива, закисељавања или алкализације и смањења садржаја органске материје (Stevanović 2012). Плодност земљишта чине хранљиве материје које се налазе у облицима који су растворљиви и директно приступачни за биљке. На интензитет процеса мобилизације и имобилизације хранива у земљишту, односно на њихово превођење из нерастворљивог у растворљиво стање и обрнуто, у највећој мјери утиче адсорптивна способност и реакција земљишта (pH вриједност). У земљишту постоји равнотежа између хранива која су адсорбована на честице земљишта и хранива која се налазе у земљишном раствору. Уколико се наруши равнотежа, на примјер, због усвајања хранива из земљишног

раствора, хранива се ослобађају из адсорптивног комплекса земљишта у земљишни раствор, да би се поново успоставила равнотежа. Том приликом усвојени катјони замјењују се са другим катјонима или H^+ јонима из чврсте фазе земљишта, док се анјони замјењују са OH^- јонима. Процеси адсорпције и десорпције анјона и катјона у земљишту значајни су – посебно је значајна јачина везивања појединих јона за адсорптивни комплекс земљишта, јер од тога зависи када и на који начин ће се применијени ђубрива, да би се она највише искористила и да би се избјегло загађење дренажних и подземних вода испирањем хранива (Goldberg et al. 2007). У земљишту, адсорпционе особине посједује органска материја и глинени минерали. Како је органска материја способна да адсорбује више хранива од исте количине глине, од великог је значаја одржавање и повећавање садржаја органске материје, посебно у земљиштима која карактерише низак садржај глине (Goldberg et al. 2007).

Плодност представља динамично стање различитих физичких, хемијских и биолошких особина и процеса у земљишту, захваљујући којем је могућ различит степен живота биљака, животиња, па и самих људи. Човјек својом активношћу, најчешће пољопривредном производњом, може да повећа или смањи плодност земљишта. Фактори који угрожавају плодност земљишта могу бити: смањење залиха органске материје, збијање земљишта, кварење структуре и погоршање водно-ваздушног и топлотног режима, смањење биолошке активности, тј. поремећај у броју и заступљености различитих група корисних микроорганизама, загађење резидуима пестицида, загађење тешким металима, радионуклидима, заслањивање, алкализација и закисељавање земљишта, ерозија, привремени и трајни губици земљишта усљед промјене намјена коришћења пољопривредног земљишта и друго (Spalević et al. 2015).

4.4. Искоришћавање биомасе за поправак плодности земљишта

Плодно земљиште богато је органском материјом, има добар водно-ваздушни режим, неутралну до благо киселу рН вриједност и физиолошки активан слој у зони коријена. Неадекватном обрадом земљишта може доћи до његовог сабијања, чиме се погоршава структура, водно-ваздушни и топлотни режим и нарушава процес стварања и разградње органске материје. Физичка, хемијска и биолошка плодност чине укупну плодност земљишта и ове три компоненте треба да буду у равнотежи (Petrović et al. 2018). Физичка плодност зависи од текстуре и структуре земљишта,

збијености и порозности, капацитета задржавања воде и др. Хемијска плодност потиче из земљишног раствора у који доспијевају хранива након минерализације. Хемијска плодност представља способност земљишта да обезбиједи потребна хранива гајеним биљкама. Биолошку плодност земљишта чине микроорганизми у земљишту који трансформишу угљеник до угљен-диоксида, инкорпорирају угљеник у биомасу и стабилни хумус. Брзина доступности азота биљкама представља показатељ биолошке плодности земљишта (Vukadinović VI i Vukadinović Ve 2018). У принципу, најинтензивнији процес разградње органске материје дешава се у површинском слоју до 5 цм, у слоју 10–30 цм процес стварања органске материје, док дубљи слојеви представљају складиште хранива и воде. Функционална улога органске материје, зависно од времена доспијевања у земљиште, различита је. Свјежа органска материја (свјежи, хранљиви хумус) биолошки је активна, веома динамична и представља производни капацитет земљишта (Bremer et al. 1995). Она је уједно и најдинамичнији резервоар органског угљеника у земљишту (Fontaine et al. 2007). Трајни хумус представља стабилну органску материју, извор је хранива и има позитиван ефекат на физичке и водно-ваздушне особине земљишта. У површинском слоју земљишта органска материја садржи 3–8 т ха⁻¹ азота, док земљишта богата хумусом садрже и више од 20 т азота ха⁻¹ (Манојловић 2008).

4.4.1. Жетвени остаци

У свим гранама биљне производње, посебно ратарско-повртарској, послије жетве остаје коријење биљака и надземни жетвени остаци. То је нарочито изражено у производњи стрних жита, кукуруза, сунцокрета, уљане репице, соје и шећерне репе, када жетвени остаци могу да представљају посебан проблем код наредне обраде земљишта. Годишња производња жетвених остатака достигла је глобално, у свијету, скоро 4 милијарде тона (Chen et al. 2013). Задржавање ове велике количине остатака на пољопривредном земљишту може бити корисно због секвестрације угљеника (*carbon sequestration*, складиштење угљеника). Овај позитиван ефекат може бити умањен ако задржавање жетвених остатака значајно повећава емисију N₂O, моћног стакленичког гаса који оштећује озонски омотач. Утицај жетвених остатака на емисије N₂O из земљишта привукао је значајну пажњу од почетка деведесетих година 20. вијека, када је био велики изазов предвидјети величину и правац емисије N₂O из земљишта након трансформације жетвених остатака (Turmel et al. 2015). Количине жетвених остатака код појединих биљних врста су слједеће: слама пшенице 5–7 т ха⁻¹, кукурузовина 8–12 т ха⁻¹, сунцокрет 4–6 т ха⁻¹, соја 3,5–5 т ха⁻¹, шећерна репа

40–60 т ха⁻¹. На газдинствима која се не баве сточарством, слама, кукурузовина и остаци других биљних врста остају као споредни производи, који се могу искористити на више начина: сточна храна, сировина за добијање целулозе, папира, иверице и сл., простирка у сточарству, производња биогаса, сировина за спремање вјештачког стајњака и компоста и непосредним укључивањем у процесу коришћења органске материје заоравањем у земљиште.

Спаљивање жетвених остатака представља активност најнеразумније радње у пољопривредној производњи, а што је по постојећим законским прописима и забрањено. Спаљивање значи потпун губитак органске материје – азот и сумпор бесповратно одлазе у ваздух, минералне материје остају у пепелу, а уништавају се микроорганизми у површинском слоју земљишта (Kastori i Тешић 2006). Микроорганизми играју главну улогу у формирању и екологији земљишта, јер они као „природни инжењери земљишта“ регулишу проток хранљивих материја у биљке и потпомажу фиксирање азота, и на крају подстичу детоксикацију природних неорганских и органских загађивача у земљишту. Осим губитака у органској материји, ватра уништава микроорганизме земљишта, дивљач, загађује околину и представља велику опасност због могућности неконтролисаног ширења пожара. Процјењује се да се у једном граму земљишта налази: 10⁸⁻⁹ бактерија, 10⁵⁻⁸ актиноциета, 10⁵⁻⁶ гљива, 10³⁻⁶ микроалги, 10³⁻⁵ протозоа, 10¹⁻² нематода, 10³⁻⁵ других бескичмењака – има више организама у граму земљишта него што је до данас било људских бића на Земљи (Dindal 1990; Metting 1993). На овај начин не постиже се потпуно уништавање сјемена корова. Дјелимично оправдање за спаљивање жетвених остатака једино је у случају јакег напада биљних болести које се преносе жетвеним остацима.

Заоравање жетвених остатака има низ предности: повећава се садржај хранива, органске материје и хумуса у земљишту, повећава се микробиолошка активност земљишта, поправљају водно-ваздушне и физичке особине земљишта, побољшава структура земљишта, и то све заједно доприноси повећању плодности земљишта и на крају приноса гајених биљака. Заоравање биљних остатака врши се љуштењем површинског слоја земљишта на дубину 10–15 цм, који се након тога, под утицајем микроорганизама, разлажу. То је повољан период јер послје жетве земљиште још увијек садржи одређене количине воде, што омогућава квалитетно извођење ове операције и одвијање процеса који слиједе након њеног извођења. Нарушавањем капиларитета љуштењем спречава се испаравање, што доприноси одржавању влаге у земљишту. Поред тога, овим се омогућава боље упијање и задржавање воде у земљишту, провоцира ницање сјемена корова који се касније уништавају,

активирају микробиолошки процеси и земљиште доводи у стање биолошке зрелости (Мартиновић 2014). Стимулисањем биолошке активности земљишта позитивно се утиче на структуру и водно-ваздушне и топлотне особине земљишта.

Разградња жетвених остатака врши се дјеловањем два процеса: (1) разградња до воде, угљен-диоксида, амонијака и минералних материја које може користити наредни усјев, и (2) трансформација у хумус (Lurwayi 2004). Иначе, органска материја земљишта највећим дијелом налази се у ризосфери, гдје је и највећа микробиолошка активност. Органска материја углавном се састоји од три дијела: (1) живи дио (микроорганизми, фауна, коријен); (2) остаци угинулих организама у различитим стадијумима разлагања; и (3) хумус. Ако се органска материја дјелимично разложи, настаје ефективан хумус и биљке га могу одмах користити. У процесу потпуне хумификације настаје стабилан хумус, који микроорганизми теже разлажу. Вриједност жетвених остатака зависи од садржаја хранива и од односа угљеника према азоту и количини целулозе и лигнина. Однос угљеника и азота најшири је у слами стрних жита 50–150 : 1, код пшенице 75 : 1, кукуруза 50–60 : 1, сунцокрета 40–50 : 1, луцерке 14 : 1 (Vukadinović VI i Vukadinović Ve 2018). Тај однос у зрелом стајњаку је 20 : 1, а у трајном хумусу око 10 : 1. При уношењу органске материје са малим садржајем азота, 0,40%–0,50%, а великим удјелом целулозе, хемицелулозе, лигнина, и других угљених хидрата, развија се интензивна микробиолошка активност, која доводи до „азотне депресије“, због смањења нитратног азота у земљишту и његовог уграђивања у микроорганизме. Микроорганизми за свој развој користе нитратни азот из земљишног раствора и због тога се на усјеву у току вегетације јављају симптоми недостатка азота (Kastori i Maksimović 2008). Може да се јави и недостатак других хранива, али је он таквог обима да се може занемарити. На азотну депресију најосјетљивија су стрна жита, мање окопавине, док су легуминозне биљке неосјетљиве. У ери енергетске кризе, жетвени остаци су вриједан производ јер садрже велику количину енергије (неопходну за микроорганизме) која се треба искористити на парцели заоравањем, а не уклањањем са парцеле. Хранљиве материје у жетвеним остацима налазе се на мјесту примјене, непотребан је транспорт, а имају исту хранидбену вриједност као стајњак. Зависно од биљне врсте, заоравањем жетвених остатака за наредни усјев обезбјеђује се 20%–25% азота, 25%–50% фосфора и 30%–80% калијума (Manojlović 2008).

За елиминисање азотне депресије, поред редовног ђубрења азотом, препоручује се додавање 7–8 кг азота на 1 т суве биљне масе. Ова количина азота обезбјеђује несметано разлагање биљних остатака и

отклања недостатак азота код наредног усјева, чиме се избјегава појава азотне депресије. При заоравању глава и лишћа шећерне репе и коријенових и надземних остатака легуминозних биљака, нису потребне додатне количине азота, јер је С : N однос код тих биљака узак; нпр. у лишћу и глави шећерне репе је око 10 : 1, а код легуминозних биљака око 15 : 1, чак ужи него у зрелом стајњаку. Сем тога, коријенови остаци легуминозних биљака равномјерно су распоређени у земљишту у вертикалном и хоризонталном правцу. Вријеме заоравања зависи од времена жетве односно бербе, мада биљни остаци могу да остану дуже на њиви, јер дјелимично омекшају и послије тога лакше се заоравају. Послије раних предусјева, као што су озима стрна жита, биљни остаци заоравају се љуштењем, а код касних предусјева, као што је кукуруз, у јесен основном обрадом. Неповољно је заоравање биљних остатака у прољеће. Дубина заоравања зависи од количине органске масе која треба да се заоре. Слама стрних жита и соје и слични биљни остаци могу се квалитетно заоравати до 20 цм дубине, а за заоравање кукурузовине због веће масе, потребна је већа дубина, најчешће 25–30 цм. Жетвени остаци на земљиштима добре биогености разлажу се брзо, чиме се повећава микробиолошка популација и мезофауна. Један дио дјелимично разложене органске материје уз помоћ микроорганизама поново гради хумус ($\approx 20\%–30\%$) и тај процес назива се хумификација. Биогени елементи у жетвеним остацима, стајњаку или хумусу, након минерализације, уз помоћ микроорганизама, прелазе у минералне облике које биљке могу поново усвајати (Vukadinović VI i Vukadinović Ve 2018).

На вишегодишњем стационарном пољском огледу, који је изведен у оквиру серије огледа Међународне комисије за проучавање плодности земљишта на огледном пољу Института за ратарство и повртарство у Новом Саду у тропољном огледу кукуруз – соја – пшеница, са уносом 5 тона сламе под кукуруз (уз додавање 50 кг азота по ха ради спречавања азотне депресије), добијен је значајан ефекат уноса сламе на принос зрна пшенице (Таб. 4.1) (Јаџићковић и сар. 2009). У испитиваном трогодишњем периоду просјечан принос зрна на варијантама без заоравања сламе био је $4,34 \text{ т ха}^{-1}$, а на варијантама са заоравањем сламе 7% већи, односно $4,46 \text{ т ха}^{-1}$.

Ефекат дугогодишњег заоравања сламе на принос зрна пшенице зависио је од испитиване сорте и количине примијењеног азота, и износио је 210 кг зрна при ђубрењу са 90 кг N ха^{-1} и $1.240 \text{ кг зрна при ђубрењу са } 150 \text{ кг N ха}^{-1}$ (Таб. 4.2). У просјеку, дугогодишње заоравање сламе без азота повећало је принос зрна пшенице за 570 кг ха^{-1} (18,4%), а са ђубрењем од 150 кг N ха^{-1} повећање је било 860 кг ха^{-1} (Таб. 4.2) (Јаџићковић и сар. 2009).

Таб. 4.1. Принос зрна ($t\ ha^{-1}$) при различитим дозама N на варијантама са заоравањем и без заоравања сламе (Јаџиновић и сар. 2009)

Tab. 4.1. Grain yield ($t\ ha^{-1}$) at different N-rates and strow management (Jačimović i sar. 2009)

Варијанта ђубрења		Сорта			Просјек ђубрења ($t\ ha^{-1}$)
Слама	Количина N ($kg\ ha^{-1}$)	Победа	Софија	Сремица	
Са сламом	∅	3,64	3,12	3,41	3,39
	0	3,90**	3,36**	3,76**	3,67**
	90	5,34**	4,61**	5,19**	5,05**
	150	5,71**	5,66**	5,81**	5,73**
	Просјек	4,65**	4,19**	4,54**	4,46**
Без сламе	0	3,16	2,76	3,37	3,10
	90	4,54	4,40	4,82	4,59
	150	5,00	4,42	5,18	4,87
	Просјек	4,23	3,86	4,46	4,18
Просјек сорте ($t\ ha^{-1}$)		4,47	4,05	4,51	4,34

Таб. 4.2. Ефекат заоравања сламе на принос зрна ($t\ ha^{-1}$) (Јаџиновић и сар. 2009)

Tab. 4.2. The effect of strow management on grain yield ($t\ ha^{-1}$) (Jačimović i sar. 2009)

Доза азота	Слама	Сорта			Просјек
		Победа	Софија	Сремица	
0 $kg\ N\ ha^{-1}$	Са заоравањем сламе	3,90	3,36	3,76	3,67
	Без заоравања сламе	3,16	2,76	3,37	3,10
	Разлика:	0,74**	0,60**	0,39**	0,57**
90 $kg\ N\ ha^{-1}$	Са заоравањем сламе	5,34	4,61	5,19	5,05
	Без заоравања сламе	4,54	4,40	4,82	4,59
	Разлика:	0,80**	0,21**	0,37**	0,46**
150 $kg\ N\ ha^{-1}$	Са заоравањем сламе	5,71	5,66	5,81	5,73
	Без заоравања сламе	5,00	4,42	5,18	4,87
	Разлика:	0,71**	1,24**	0,63**	0,86**
Просјечно за све дозе N	Са заоравањем сламе	4,98	4,54	4,92	4,82
	Без заоравања сламе	4,23	3,86	4,46	4,18
	Разлика:	0,75**	0,68**	0,46**	0,64**

Ђукић и сар. (2018) наводе позитиван утицај заоравања жетвених остатака предусјева кукуруза на принос зрна соје, сорта ваљевка (Таб. 4.3). Са основном обрадом за кукуруз у земљиште је уношено по $80\ kg\ ha^{-1}$ P_2O_5 и K_2O и $100\ kg\ ha^{-1}$ азотног ђубрива KAN (27% N) и у прољеће са предсјетвеном припремом $100\ kg\ ha^{-1}$ 27% KAN-а. Осим препарата НС Нитрагин за

инокулацију сјемена, при гајењу соје нису коришћена ђубрива. Повећање приноса соје под утицајем заоравања жетвених остатака предусјева за петогодишњи период износило је 10,43%, а варијало је од 7,03% у 2014. до 15,94% у 2015. години (Таб. 4.3).

И други аутори наводе позитиван ефекат заоравања жетвених остатака или примјене стајњака на принос гајених биљака (Lemon-Ortega et al. 2000; Pracházková et al. 2002; Јаќимовић i sar. 2009, 2017; Latković et al. 2015; Јаќимовић et al. 2016), затим на повећање садржаја укупног N и C, побољшање плодности земљишта или смањење испирања азота (Singh and Rengel 2007; Zhao et al. 2019). Примјена азотних ђубрива са заораном надземном биомасом значајно повећава и количину створених биљних остатака чијим се уношењем у земљиште повећава садржај хумуса и ефикасност задржавања угљеника у земљишту (Powlson et al. 2008; Lu 2015). Ниже молекуларна једињења која настају разлагањем жетвених остатака биљке могу непосредно да усвајају и користе у промету материје и енергије, а неке супстанце могу да дјелују и стимулативно на њихово растење и развиће (Chen et al. 2013).

Таб. 4.3. Принос зрна соје (kg ha^{-1}) на варијантама са заоравањем и без заоравања кукурузовине (ЖО) (Ђукић i sar. 2018)

Tab. 4.3. Soybean grain yield (kg ha^{-1}) at different strow management (ЖО) (Ђукић et al. 2018)

Година	Без ЖО	Са ЖО	Просјек	Повећање приноса (%)
2012.	1.975	2.240**	2.108	13,4
2013.	2.831	3.182**	3.007	12,4
2014.	4.478	4.793**	4.636	7,0
2015.	2.862	3.318**	3.090	15,9
2016.	4.558	4.913**	4.736	7,8
Просјек	3.341	3.689**	3.516	10,4

У монокултури кукуруза на чернозему (Римски Шанчеви) дуготрајна примјена минералног ђубрива (32 године) није утицала на повећање садржаја органског угљеника у земљишту (*soil organic carbon – SOC*), односно органске материје, у односу на третман без ђубрења (Manojlović et al. 2008). Супротно томе, ђубрење са жетвеним остацима или стајњаком повећало је концентрацију и резерве SOC. И на локалитету Земун Поље, резултати дуготрајних пољских огледа, који су постављени 1971. године, показују да се садржај SOC значајно повећао примјеном стајњака и заоравањем жетвених остатака. Примимијењена органска материја такође је

позитивно утицала на концентрацију и резерве угљеника у земљишту у односу на третман ђубрен само минералним ђубривима (Vesković i sar. 2002).

4.4.2. Зелено (зеленишно) ђубриво

Шта је зелено ђубриво? Термин „зелено ђубриво“ може имати више значења, али се у овом тексту под зеленим ђубривом подразумева покровни усјев који се гаји искључиво у циљу побољшања плодности земљишта (Thomas et al. 2019). Уношење зелене масе усјева у земљиште назива се зелено ђубрење или сидерација (*sideration*). Зелена биомаса која се уноси у земљиште назива се зелено ђубриво или сидерат (*siderate*). Вриједност зеленог ђубрења најбоље приказује чињеница да је органска материја земљишта његова највреднија компонента, с обзиром на незамјењиву улогу у формирању и одржавању структуре, повољног водног, ваздушног и топлотног режима, микробиолошке активности и пуферних особина земљишта, као и у снабдијевању биљака макроелементима и микроелементима.

Овај тип покровног усјева гаји се између два комерцијална усјева, који су обично велики потрошачи азота. Осим побољшања плодности земљишта, зелено ђубриво има и низ других позитивних ефеката на особине земљишта. Преко усвајања хранљивих елемената из земљишта својим коријеном и подржавањем размјене материје у земљишту, различите биљне врсте различито утичу на доступност хранљивих елемената наредним гајеним биљкама. Иако је свим биљкама неопходан велики број макроелемената и микроелемената, азот је углавном највише ограничавајући елемент за раст и принос, због чега неки пољопривредници често гаје усјеве зеленог ђубрива како би побољшали снабдијевање азотом сљедећег усјева. Од свих биљака, само легуминозе, због свог посебног односа са бактеријама азотофиксаторима (Сл. 4.1) (Kibido et al. 2020), имају могућност везивања атмосферског азота, повећања његове количине у земљишту и побољшања плодности земљишта (Сл. 4.2). Имајући ово на уму, већина усјева зеленог ђубрива укључује легуминозе, које се не гаје за жетву, већ се прекида њихова вегетација (уништавање, терминација), након чега се уносе у земљиште.

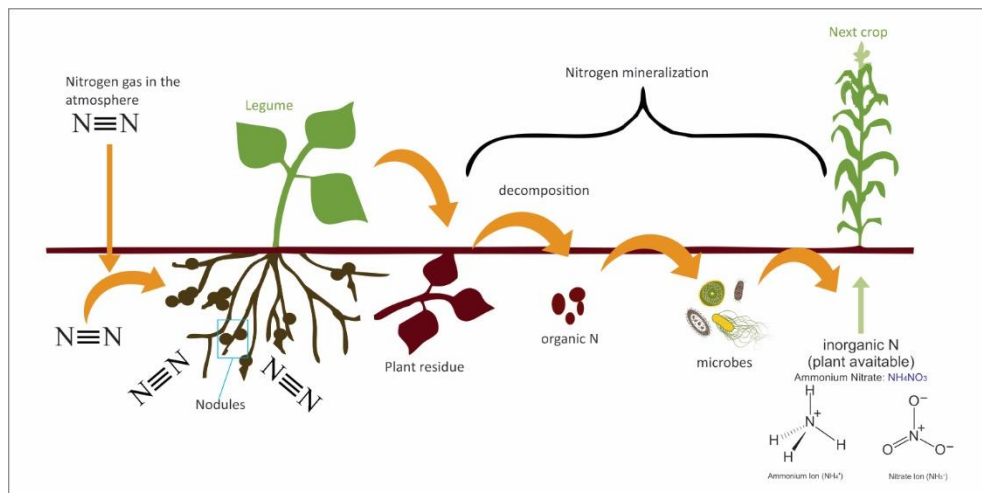
Шта су махунарке/легуминозе? Махунарке су биљке које припадају фамилији *Leguminosae* (*Fabaceae*) [*legūmen* (лат.) – махуна]. Махунаркама се често назива и читава фамилија легуминоза. Карактерише их плод махуна (*legume-type*) и сложено грађени листови. Многе од њих имају коријенске

квржице у којима се налазе бактерије које фиксирају атмосферски азот (Biology Dictionary 2020). Легуминозе су трећа по броју врста група копнених биљака, иза фамилије *Orchidaceae* и *Asteraceae*. У овој фамилији утврђено је око 19.500 врста (Maarten et al. 2020) *Asteraceae*. Велики број легуминоза су гајене биљке и користе се за исхрану људи и животиња. У суштини, термин „махунарке“ (*legume*) има још једно значење у биологији – може се односити на плод или сјеме врста фамилије *Leguminosae*. Термин „махунарке“ (*pulse*) такође се односи и на осушено сјеме гајених биљака ове фамилије. На основу ове дефиниције, у махунарке се убраја јестиво сјеме различитих врста, нпр. пасуљ, грашак и лећа (Pulse Canada 2020).



Сл. 4.1. Квржице *Rhizobium* бактерија на коријену соје (Ren 2019)
Fig. 4.1. *Rhizobia* bacteria nodules on soybean roots (Ren 2019)

Зелено ђубриво представља било коју ратарску или крмну биљну врсту која се инкорпорира у земљиште у зеленом стању или непосредно након цвјетања у циљу побољшања плодности земљишта (Shah et al. 2017), а покровни усјев је било који усјев који се гаји у циљу покривања земљишта, независно од тога да ли ће се касније инкорпорирати у земљиште и представљати и зелено ђубриво, или не (Kramberger et al. 2009). Покровни усјев гаји се првенствено ради заштите земљишта од ерозије проузроковане вјетром или водом. Зелено ђубриво и покровни усјев могу бити једногодишње, двогодишње и вишегодишње биљне врсте које се гаје као чист усјев или у смјеси током цијеле године или у одређеној сезони. Поред функције заштите земљишта, у случају легуминозних биљака, покровни усјев фиксира азот, спречава развој корова и редукује штеточине, инсекте и болести (Gabriel et al. 2013; Bowman et al. 2000).



Сл. 4.2. Циклус азота у зеленом ђубриву легуминоза (Pivot – transition to organic grains 2020)

Fig. 4.2. Nitrogen cycling with a legume green manure (Pivot – transition to organic grains 2020)

Да би представљао добро зелено ђубриво, усјев треба да има следеће особине: добра адаптираност на климатске услове; добра адаптираност на земљишне услове; брз пораст; висока продукција биомасе; висока стопа фиксације азота; скромни агротехнички захтјеви током вегетације; добро уклапање у плодоред; доступност сјемена и инокуланта на тржишту; ниска набавна цијена сјемена; економична производња узимајући у обзир цијену сјемена, трошкове гајења и инкорпорирања у земљиште; не постаје коров у наредном усјеву и ефикасан је у сузбијању корова; јак компетитор са коровима; висока ефикасност у искоришћавању воде; добра покривност земљишта у критичним периодима; терминација и минерализација синхронизоване са захтјевима наредног главног усјева и прихватљив и нетоксичан у испаша (Maitra et al. 2018).

Ефикасност гајења покровних усјева и сидерације треба се процјењивати са два аспекта: (1) утицај сидерације и покровног усјева на подизање плодности и обогађивање земљишта хранивима, заштита земљишта од ерозије, редукција корова, задржавање хранива у земљишту и спречавање загађења подземних вода; и (2) економске исплативости. Анализирајући краткорочно, корист је често нижа од уложених средстава и рада, због чега потребу за зеленим ђубрењем и сјетвом покровних усјева треба размотрити за сваки конкретни случај, посебно анализирајући дугорочне ефекте и корист (спречавање ерозије и загађења животне средине, подизање плодности

земљишта, елиминација корова и сл.). Зеленим ђубрењем и уносом органских материја може се знатно повећати биогеност земљишта и побољшати структурна својства земљишта. Без обзира на то што је често активна материја из минералних ђубрива јефтинија од примјене зеленог ђубрења, мора се примјењивати сидерација због њене значајне улоге у повећању азота у земљишту без утrophа енергије. Поред тога, сидерација помаже у спречавању површинске ерозије, доприноси побољшању физичких особина земљишта (повећање ретенције за воду, аерација), спречава испирање хранива и интензивира микробиолошке процесе у земљишту. У еколошкој производњи хране, сидерација, примјена стајњака и жетвених остатака, сјетва покровних усјева и унос органске материје у земљиште мора бити редовна агротехничка мјера.

4.4.2.1. Значај зеленог ђубрива

Принос гајених биљака, садржај хранљивих материја у земљишту, успјешност биљне производње и њихов утицај на животну средину у највећој мјери зависе од употреба ђубрива (Jaćimović et al. 2018). Смањење плодности земљишта и повећање цијене минералних ђубрива доприноси промовисању легуминоза као органског ђубрива. У примарној биљној производњи, стајњак најчешће није доступан, због чега се морају користити остали извори хранива у одржавању плодности земљишта и гајењу високоприносних сорти и хибрида (Olesen et al. 2009). Коришћење зеленог ђубрива једна је од могућих замјена за стајњак. Зелено ђубриво представљају биљке које се гаје на обрадивом земљишту у циљу поправке и одржавање плодности и структуре земљишта, мада могу имати и друге функције. Избор усјева за зелено ђубрење и успјех сидерације зависи од климатских услова, типа земљишта и од времена сјетве. Такав усјев обично се враћа назад у земљиште, било директно заоравањем, било након уклањања са парцеле и компостирања. Код исправне примјене, зелена ђубрива могу замијенити дио или укупну количину азота неопходног за нелегуминозни усјев који се гаји послје легуминоза (Guldan et al. 1997). Иначе, често се примјећује повољно дјеловање легуминоза на принос стрних жита, ако се гаје послје легуминоза (Olesen et al. 2007).

На плодност земљишта посебно утиче органска материја која се налази у земљишту, чији садржај зависи од уноса биомасе којом се компензује актуелна минерализација. Већи унос биомасе у земљиште може повећати садржај органског угљеника и укупног азота у земљишту. Тачно је да је азот посебно важан макроелемент у остваривању високог приноса, али је

исто тако важан садржај и фосфора и калијума у земљишту. Недостатак калијума може бити значајан проблем (Askegaard and Eriksen 2008). Вишегодишње легуминозе, попут луцерке, са својим дубоким коријеновим системом, усвајају додатне хранљиве састојке (P, K, Ca) (Teit 1990) до дубине земљишта у којој се налази највећа маса коријена наредног усјева (Witter and Johansson 2001). Неки истраживачи сматрају да биљни остаци и зелено ђубриво нису богати у калијуму, и посебно фосфору (Maiksteniene and Arlauskiene 2004), али они побољшавају физичке особине и стимулишу микробиолошку активност земљишта. Након разградње, органски фосфор и калијум, који су везани у зеленом ђубриву, могу бити лако доступан облик сљедећим усјевима (Askegaard and Eriksen 2008; Eichler-Löbermann et al. 2009).

Зелено ђубриво, осим што повећава количину хранљивих елемената за биљке, има и друге позитивне ефекте. Оно штити земљиште од сабијања после обиљних киша, што је нарочито важно за земљишта са великим процентом глине и помаже у задржавању хранљивих састојака у земљи од испирања кишом. Биљке за зелено ђубриво брзо клијају и расту, и на тај начин гуще изданке корова и у одређеној мјери смањују присуство штеточина, јер њихови природни непријатељи, попут жаба и неких врста буба, воле хладан, влажан слој на површини који настаје од зеленог ђубрења.

У традиционалној пољопривреди зелено ђубриво се користило хиљадама година, али је у конвенционалној пољопривреди одбачено због лакше употребе минералних ђубрива и пестицида. Међутим, повећани интерес за очување животне средине, који је и стимулисан новом легислативом (Orlando 2013), довео је до растућег интересовања конвенционалног сектора за зелена ђубрива. Предности коришћења зеленог ђубрења бројне су: обогаћивање земљишта органском материјом, повећање биолошке активности у земљишту, побољшање структуре земљишта, смањење ерозије, повећавање залиха хранљивих елемената доступних биљкама, смањење губитака хранива испирањем, сузбијање корова, смањење проблема са штеточинама, заштита земљишта од прегријавања и исушивања, обезбјеђивање додатне хране за животиње и допринос повољнијем водно-ваздушном и температурном режиму земљишта (Kaul et al. 2015). Осим тога, заоране биљке постају идеална храна за глисте, разне земљишне организме и микроорганизме, који стварају хумус и тако повећавају плодност земљишта. Примјена зеленог ђубрива има и одређене недостатке: додатни трошкови за сјеме, трошкови обраде земљишта и сјетве, изостанак усјева који доноси директан приход, додатни посао у вријеме сезоне пољских радова, повећани проблеми са штеточинама и болестима (због ефекта „зеленог

моста“) и могућност да зелено ђубриво само по себи постане коров (Durán-Lara et al. 2020).

За постизање максималног приноса и квалитета гајених биљака користе се велике количине ђубрива. Међутим, примјена велике количине минералних ђубрива може довести до значајног губитка хранљивих материја из земљишта и негативног утицаја на квалитет површинских и подземних вода. Са зеленим ђубривом такође се уносе у земљиште велике количине азота, али се хранљиве материје ослобађају из зеленог ђубрива спорије – азот из бактерија азотофиксатора постаје доступан током дужег временског периода. Ови процеси омогућавају доступан извор азота за наредне гајене биљке (Freyer 2003).

4.4.2.2. Типови зеленог ђубрива

Велики број биљних врста може се користити као зелено ђубриво. Свака врста која се користи има одређене предности, а коначан избор биљне врсте зависи од више фактора. Генерално, важно је усјев зеленог ђубрива пажљиво интегрисати у плодоред и извести благовремено и коректно све агротехничке мјере приликом њиховог гајења.

Вишегодишње зелено ђубриво или алтернативно гајење (*Ley farming*) јесте систем гдје се на пољопривредној површини наизмјенично сије жито или нека друга гајена биљка и оставља угар. Код овог система, на одабраној парцели током одређеног броја година сију се гајене биљке које доносе приход (*cash crops*), а након тога, у периоду од неколико година, парцела се оставља у угар, користи за производњу сијена или испашу (Edwards et al. 2019). Након тога, парцела се поново оре и користи у ратарској производњи. Током периода када земљиште није обрађивано, долази до повећања органске материје и хранљивих елемената, посебно азота, ако су гајене крмне легуминозе. Орањем се нарушава и животни циклус штеточина које су се развиле и намножиле до тог момента (Martinez et al. 2020).

Зимско зелено ђубриво сије се обично у јесен и заорава сљедећег прољећа. За јесењу сјетву погодни су озима грахорица или грашак у смјеси са овсем или ражи, инкарнатска дјетелина, озима уљана репица (Yang et al. 2018). Ови усјеви доприносе повећању плодности земљишта у периоду када би земљиште иначе било голо и не би се користило за гајење биљака. У овом случају, може бити проблем благовремене сјетве уколико је касна жетва претходног усјева.

Љетње зелено ђубриво заузима земљиште током дијела љетње вегетационе сезоне. То су углавном махунарке које се гаје ради повећања количине азота у земљишту и поправке физичких, хемијских и микробиолошких особина обрадивог земљишта. Могу се гајити током читаве љетње сезоне или у периоду између двије жетве. Поред махунарки, ово краткотрајно зелено ђубриво може укључивати и купусњаче и фацелију (Li et al. 2015). Махунарке попут грашка, соје и кокотца могу се гајити као усјеви љетњег зеленог ђубрива са циљем обогаћивања земљишта азотом, уз додатак другог органског материјала, као што је нпр. стајњак. Немахунарке, попут сирка, суданске траве, проса или хељде, гаје се да би обезбиједиле биомасу, угушиле корове и одржале кохерентност земљишта (Li et al. 2015).

У погледу времена сјетве, усјев за зелено ђубрење најчешће се сије као пострни, међуусјев и накнадни усјев (Ferreira et al. 2015). Поред чистих гајених биљака и њихових смјеша, могу се гајити и као здружени усјеви, када се усјев зеленог ђубрива усијава између редова главног усјева. Треба комбиновати легуминозне и нелегуминозне биљке, које формирају дубоки и плитки коријенов систем, јер се боље прилагођавају на неповољне агрометеоролошке услове. Гајење усјева пострног зеленог ђубрива могуће је послје жетве раних предусјева, који се скидају у љетњем периоду. То је повољан начин гајења уколико има довољно влаге, у противном – неопходно је наводњавање. За пострну сјетву користе се грахорица, лупина, фацелија, уљана репица, кукуруз, сунцокрет. У случајевима међуусјева, обраду треба обавити у што краћем периоду, непосредно послје скидања предусјева, да би се сачувала влага у земљишту, а за сјеме обезбиједиле што бољи услови за клијање, ницање и раст. Зелено ђубрење треба да створи велику и надземну и коријенову биомасу, због чега је у њиховом гајењу неопходно примијенити одговарајућу количину минералних ђубрива. Обрада и припрема земљишта за сјетву подешава се према усјеву. Сјетва се обавља у роковима у зависности од тога о којем усјеву за зелено ђубрење се ради. Сију се веће количине сјемена од уобичајених, како би усјев био густ и како би боље издржао конкуренцију са коровима (Bilalis et al. 2015). Послје сјетве пострних и озимих међуусјева, врши се ваљање ако је земљиште суво. У воћњацима и виноградима усјеви за зелено ђубрење увијек се гаје као подусјеви. На избор усјева у вишегодишњим засадима утиче клима, земљиште и размак редова.

Ефикасност зеленог ђубрења зависи од старости биљака. Вегетација биљака посијаних за зелено ђубрење је од 4 до 10 мјесеци, у зависности од времена сјетве. Младе и свјеже биљке богате су азотом, брзо се распадају у земљишту, док се старије биљке спорије распадају и треба им додати азот

да би се тај процес убрзао (Marshall and Lynch 2018). Начин уношења сидерата подешава се према висини и квалитету надземне масе. Најбоље је биљке заорати у периоду бутонизације (биљке у фази формирања цвјетних пупољака) или до половине фазе цвјетања. Треба избјегавати биљке које су формирале сјеме због самозасијавања. На тешким земљиштима зелена маса се заорава на дубину 6–8 цм, а на лакшим на дубину 12–15 цм. Заоравање је најбоље обавити 2–3 седмице прије сјетве главне гајене биљке. Уколико су биљке више од 20 цм, треба их претходно покосити или уситнити тањирачама (Сл. 4.3). Ако су биљке ниже од 15 цм, могу се одмах заорати. За зелено ђубрење сију се биљке које су храна организмима који живе у земљишту и који, хранећи се заораним биљкама, повећавају плодност земљишта. Иако је зелено ђубрење веома погодна агротехничка мјера за готово све видове органске производње, она није толико заступљена због дјелимичног ограничавања периода производње, али посматрајући резултате и квалитет које доноси свакако заслужује већу пажњу произвођача.



Сл. 4.3. Терминација зеленог ђубрива: (1) љуштење стрњишта тањирачом, (2) тарупирање, (3) ваљање назубљеним ваљком (Pivot – transition to organic grains, www.pivotandgrow.com)

Fig. 4.3. Green manure termination: (1) by tillage with discs, (2) by mowing, (3) with a roller-crimper (Pivot – transition to organic grains, www.pivotandgrow.com)

4.4.2.3. Органска материја земљишта

Пошто зелено ђубрење има за циљ повећање садржаја органске материје у земљишту, у овом дијелу текста истаћи ће се значај органске материје у земљишту. Под повољним условима температуре, влаге и аерације, активност микроорганизама земљишта интензивна је, а њихов животни циклус завршава као извор хране за нове микроорганизме, али и за биљке. Земљиште није инертан супстрат или само извор хранљивих материја за биљке, него изузетно интензивна „биолошко-хемијска лабораторија“, у којој

се хумус дефинише као „животна снага“ земљишта. Док биљке путем фотосинтезе највећи дио потребе за угљеником задовољавају из атмосфере (као CO_2), већина микроорганизама у земљишту користи угљеник из органске материје земљишта. Колоидна органска материја земљишта – хумус изграђена је од остатака живих организама који су више или мање разложени и затим, највећим дијелом, изнова граде органску материју земљишта, односно хумус (процес хумификације), чији су састав и грађа битно различити у односу на живу материју. Органску материју земљишта чине хумус и непотпуно разложени биљни остаци. Количина органске материје у земљишту и њен квалитет утичу не само на раст биљака него и на процес настанка земљишта, односно органоминаралног комплекса. У односу на минерални дио, количина органске материје у земљишту је мала, али је ипак од суштинског значаја. Наиме, присутност органске материје у земљишту одређује разлику између земљишта у смислу природног супстрата биљне исхране и растресите масе распаднутих стијена матичног супстрата у термичким и хемијским процесима (Vukadinović VI i Vukadinović Ve 2016).

Органска материја утиче на многе врло значајне физичке и хемијске особине земљишта, као што су структура, капацитет за воду, сорпција јона, садржај неопходних елемената итд. Пошто је органска материја основни извор енергије за животну активност микроорганизама земљишта, јасан је њен круцијални значај, не само за земљиште и његове функције него и за комплексност живота на Земљи (Johnston et al. 2009). Од укупне количине неживе органске материје земљишта на Земљи, на хумус отпада 60%–80% (Andreux 1996). Значај хумуса у земљишту може се посматрати са физичког, хемијског и биолошког аспекта. У физичком погледу, хумус побољшава водно-ваздушни режим и термичке особине земљишта. Земљиште које садржи више хумуса има тамнију боју и апсорбује већу количину сунчеве радијације. Хумус има незамјењиву улогу у настанку структурних агрегата земљишта и формирању повољне структуре која побољшава аерацију и дренажу. Структурна земљишта вежу више воде, мање су подложна ерозији и испирању колоидних честица те се знатно лакше обрађују (Тунгуз 2020). Хумус задржава воду у омјеру од 1 : 2,6 до 1 : 6 и свако повећање садржаја хумуса у земљишту доводи до задржавања веће количине воде. Ако би се концентрација хумуса повећала са 2% на 2,5%, што износи око 15.000 кг ха⁻¹, повећао би се капацитет задржавања воде за 45.000 кг ха⁻¹, што је еквивалентно 45 мм падавина по хектару, или једном наводњавању. Повећање концентрације хумуса у земљишту са 2% на 3% одговарало би задржавању 90 мм падавина по хектару, чиме би се значајно умањили негативни ефекти суше (Vukadinović VI i Vukadinović Ve 2016). У суштини,

виши садржај хумуса у земљишту добра је превентива против климатских промјена и суше. Ово указује на значај зеленог ђубрења у одрживом управљању земљиштем и борби против климатских промјена.

Бројне значајне хемијске особине земљишта повезане су са присуством хумуса. Хумус има изразиту ефикасност сорпције јона и способност различитих реакција са минералном фракцијом земљишта, из чега проистиче огроман значај органске материје у побољшању хемијских особина земљишта. Хумус повећава капацитет земљишта за сорпцију јона и преко тога побољшава његове пуферне особине, чиме се регулише равнотежа између јона у воденој фази земљишта и оних који су измјењиво везани на колоидним честицама земљишта, што спречава нагле промјене концентрације хранива у воденој фази земљишта и омогућава равномјеран доток хранива у зону коријена (Vukadinović VI i Vukadinović Ve 2016).

4.4.2.4. Биљке за зелено ђубриво и покровни усјев

Усјеви за зелено ђубриво су врсте из различитих фамилија (Fabaceae, Poaceae, Brassicaceae), а најчешће се дијеле на легуминозне и нелегуминозне биљне врсте. Усјеви погодни за зелено ђубриво јесу они који у кратком временском периоду формирају велику биљну масу и имају развијен и дубок коријенов систем. Биљне врсте које се користе за зелено ђубрење треба да садрже велику количину лако разградљивих материја, прије свега азота и пепела, те је пожељно да се процес њихове разградње након заоравања одвија што брже. Међутим, састав биљака мијења се током вегетације па старије биљке садрже више лигнина и целулозе, а мање азота и пепела, теже се разлажу и имају неповољнији однос C : N. Насупрот њима, код млађих биљака које се брзо разлажу, могући су губици у облику амонијака, па се усјеви за зелено ђубрење обично заоравају у фази цвјетања. Као зелено ђубриво најповољније су легуминозне биљке, које могу да фиксирају атмосферски азот и пренесу га у земљиште. Од легуминозних биљака најчешће се користе дјетелина, лупина, сточни грашак и грахорице, а од нелегуминозних уљана репица, сунцокрет, раж, јечам, слачица, фацелија и љуљеви. Најбољи резултати добијају се комбинованом сјетвом легуминозних и нелегуминозних биљака (Ashraf et al. 2004). Иако имају кратак вегетациони период, који износи 40–60 дана, легуминозе које се користе за зелено ђубриво могу фиксирати око 80–100 кг N ха⁻¹ (Becker et al. 1995). Највећи дио овог азота, око 80%, представља биолошки азот, усвојен азотофиксацијом. То значи да биомаса од легуминоза која се користи као зелено ђубриво обезбјеђује

земљишту велике количине азота и угљеника, који доприносе побољшању особина земљишта (Baddeley et al. 2017). Дубоки, развијени коријен легуминозама омогућава усвајање макроелемената и микроелемената из дубљих слојева земљишта и њихово депоновање у горњим слојевима, гдје се налази највећа маса њиховог коријена (Witter and Johansson 2001). Ово је посебно важно у органској производњи. Азот, кључни елемент за постизање високог приноса и доброг квалитета, укључен је у све метаболичке процесе у биљци и његово усвајање зависи од присутности у земљишту и захтјева биљке током различитих фаза раста (Deloqua et al. 1998). Утицај зеленог ђубрива у земљишту на принос гајених биљака зависи од количине азота у биомаси, количине ослобођеног и доступног азота, односа C : N у органској материји, садржаја азота у земљишту и временских услова (Kumar and Goh 2002).

Усјеви зеленог ђубрива развијају веома живу микробиолошку активност у земљишту и уз помоћ моћног коријеновог система утичу на конзистенцију и биогеност подораничног слоја земљишта. Као резултат свестраног дјеловања зеленог ђубрива на земљиште, може доћи до повећања приноса наредног, а некада и сљедећег усјева (Ye et al. 2014). Ефекат зеленог ђубрива зависи од услова под којима се примјењује. Успјех зеленог ђубрива у условима сувог ратарења ограничава, прије свега, количина и распоред падавина. Повољни рејони за примјену зеленог ђубрива јесу они који располажу годишњом сумом падавина већом од 700 мм и просјечном годишњом температуром изнад 7 °C (Ugrenović i sar. 2014). Уколико не постоје наведени услови, неопходно је наводњавање и одабир озимих биљних врста скромнијих захтјева према топлоти и свјетлости.

Повећање приноса главног усјева након једне примјене зеленог ђубрива споро је, док се значајније повећање запажа послје његове дуже узастопне примјене (3–5 година) (Edmeades 2003). Посебан значај има јефтина производња зеленог ђубрива и могућност његове примјене у великим размјерама при релативно малим улагањима рада. Зелено ђубриво има предност у односу на друге врсте органских ђубрива (стајњак, тресет, компост, жетвени остаци) због непостојања транспортних трошкова. Зеленим ђубрењем земљиште се обогаћује са 35–40 т ха⁻¹ свјеже органске масе и са 100–200 кг ха⁻¹ азота фиксираног из ваздуха, све у зависности од начина и врсте гајене легуминозне биљке (Erić et al. 2000). Сматра се да се од биљака за зелено ђубрење које дају 20–30 т ха⁻¹ зелене масе послје заоравања образује толико хумуса колико даје 8–12 т ха⁻¹ стајског ђубрива, док у земљишту остаје око 50–60 т ха⁻¹ азота (Erić et al. 2000).

Зелено ђубриво даје боље ефекте када се примјењује заједно са другим врстама ђубрива (органичним и/или минералним) (Purpers et al. 2012). Стајњак примијењен заједно са зеленим ђубривом потпомаже разлагање сидерата, чиме се појачава и убрзава дејство зеленог ђубрива. Такође, уношењем фосфорних и калијумових минералних ђубрива са зеленим ђубривом може се постићи оптимална количина хранива у земљишту. Врсте погодне за зелено ђубрење имају различите захтјеве према земљишту. На избор усјева за зелено ђубрење утиче рН реакција и механички састав земљишта. На киселим земљиштима успјешно се гаје лупина, црвена дјетелина, маљава грахорица, уљана репица, раж и овас, док је на земљиштима богатим кречом најбоље гајити грахорицу, сточни грашак, бијелу дјетелину, кокотац. Смјеса усјева има предност над „чистим“ усјевом, посебно ако временски услови не одговарају једној биљној врсти у смјеси (Maitra et al. 2018). Наиме, свака компонента смјесе има различиту вегетацију и различите агроколошке захтјеве, што је повољно за испашу, а у смјеси легуминоза и трава осигурана је фиксација азота уз већу органску масу. Здружени усјеви смањују потребу за ротацијом и омогућавају алелопатску заштиту усјева.

Лупину као зелено ђубриво (Сл. 4.4, 4.5) треба гајити на пјесковитим и бескречним земљиштима, на којима може дати 40–75 т ха⁻¹ зелене масе. Сије се у марту, а заорава у фази цвјетања већине биљака, што се обично дешава почетком јуна. Лупина одлично уништава корове.



Сл./Fig. 4.4. Бијела лупина / White lupin (*Lupinus albus*) (Фото/Photo Тунгуз В / Tunguz V)



Сл./Fig. 4.5. Лупина/Lupin (*Lupinus albus*) (www.agroklub.rs/sortna-lista/krmno-bilje/lupina-56/)

Сточни грашак (*Pisum sativum* L.) (Сл. 4.6) одличан је покровни усјев – принос зелене масе је 35–45 т ха⁻¹, зелена маса брзо се разлаже након заоравања. Отпорна је према мразу па се може сијати како у јулу, тако и у септембру, октобру и новембру. Сорте које су осјетљиве на полијегање сију се у смјеси

с овсем (Сл. 4.7) или ражи (140 кг грашка и 60 кг овса или ражи по хектару). Заорава се када је око 50% биљака у цвијету.



Сл./Fig. 4.6. Сточни грашак /
Forage pea (Pisum sativum L.)
(Фото/Photo Тунгуз В / *Tunguz V*)



Сл./Fig. 4.7. Сточни грашак и оvas /
Forage pea and oat (Pisum sativum L. and Avena sativa L.) (Фото/Photo непознат/*unknown*)

Обична грахорица (*Vicia sativa L.*) (Сл. 4.8) врло добро подноси све типове земљишта, али је осјетљива на хладноћу – измрзава на -8°C , због чега је треба сијати само у јулу или августу, а заоравати је касно у јесен. Због осјетљивости на полијегања, сије се у смјеши с овсем или ражи (120 кг грахорице и 60 кг овса или ражи по хектару).



Сл./Fig. 4.8. Обична грахорица /
Common vetch (Vicia sativa L.)
(Фото/Photo Тунгуз В / *Tunguz V*)



Сл./Fig. 4.9. Маљава грахорица /
Hairy vetch (Vicia villosa Roth) (Фото/Photo непознат/*unknown*)

Маљава грахорица (*Vicia villosa Roth*) (Сл. 4.9) погодна је за средње тешка и пјесковита земљишта. Одлично подноси зимске хладноће, може се сијати у периоду јул–октобар. Сије се у истој количини и смјеши као и обична грахорица.



Сл./Fig. 4.10. Кокотац / Common melilot (*Melilotus officinalis* L. Pall.) (Фото/Photo непознат/unknown)



Сл./Fig. 4.11. Црвена дјетелина / Red clover (*Trifolium pratense* L.) (Фото/Photo Тунгуз В / Tunguz V)

Кокотац (*Melilotus officinalis* L. Pall.) (Сл. 4.10) јесте двогодишња зељаста биљка, усправног стабла, гола или мало длакава. Коријен је дубок и добро разгранат. Подноси сува и пјесковита земљишта. Одлична је медоносна биљка.

Црвена дјетелина (*Trifolium pratense* L.) (Сл. 4.11) јесте зељаста вишегодишња биљка усправног, разгранатог и мало длакавог стабла. Коријен је вретенаст, добро разгранат, иде у дубину 50–100 цм. Подноси кисела земљишта.



Сл./Fig. 4.12. Слацица / White mustard (*Sinapis alba* L.) (Фото/Photo Тунгуз В / Tunguz V)



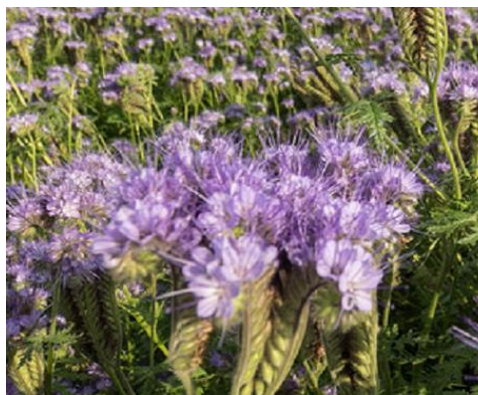
Сл./Fig. 4.13. Хељда/Buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) (Фото/Photo Тунгуз В / Tunguz V)

Слацица (*Sinapis alba* L.) (Сл. 4.12) оствари 30–35 т ха⁻¹, зелена маса која се брзо разлаже у земљишту. Сије се почетком августа или средином октобра, у количини од 12 до 15 т ха⁻¹. Заорава се средином октобра или, ако је посијана у октобру, почетком априла.

Хељда (*Fagopyrum esculentum*) (Сл. 4.13) јесте веома добра покровна биљна врста, јер се брзо разлаже и има способност да из дубљих слојева земљишта извлачи калијум и фосфор, који су неопходни за воћке. Због осјетљивости према мразу, сије се у марту или средином љета. Добра је и медоносна биљка. Сије се у количини 150–200 кг ха⁻¹.

Фацелија (*Phacelia tanacetifolia* Benth.) (Сл. 4.14) јесте једногодишња биљка висине 60–90 цм, спада у ред легуминозних биљака, што значи да коријен има могућност везивања азота из ваздуха (до 150 кг ха⁻¹). Одлично је зелено ђубриво, подноси готово све типове земљишта, иако најбоље успијева на лакшим земљиштима, али не подноси сушу. Може се сијати у јесен, мада се најчешће сије у марту.

Раж (*Secale cereale* L.) (Сл. 4.15) достиже висину 150 цм, ствара велику надземну биомасу, представља одлично зелено ђубриво, подноси лошија земљишта и штити земљиште од ерозије. Побољшава структуру земљишта, оранични слој обогаћује хранивима (азот, калијум, фосфор) из дубљих слојева. Одлично подноси ниске температуре и препоручује се за подручја гдје се друга зелена ђубрива не могу гајити због ниских температура.



Сл./Fig. 4.14. Фацелија/*Phacelia*
(*Phacelia tanacetifolia* Benth.)
(Фото/Photo Тунгуз В / *Tunguz V*)



Сл./Fig. 4.15. Раж/*Rye* (*Secale*
cereale L.) (Фото/Photo Пржуљ Н /
Pržulj N)

Крмни сирак (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) (Сл. 4.16) јесте једногодишња гајена биљка, изузетно толерантна на високе температуре и дефицит воде и, поред намјене у исхрани домаћих животиња, често се користи као покровни усјев. Представља одлично зелено ђубриво у ревитализацији исцрпљених земљишта јер у земљиште враћа пуно биомасе. Има изузетно интензиван пораст, нарочито у умјереним предјелима, и густим склопом гуши коров.



Сл./Fig. 4.16. Крмни сирак / *Sorghum*
(*Sorghum bicolor* (L.) Moench)
(Фото/Photo непознат/*unknown*)



Сл./Fig. 4.17. Суданска трава / *Sudan*
grass (*Sorghum sudanense* (Piper)
Stapf.) (Фото/Photo непознат/*unknown*)

Суданска трава (*Sorghum sudanense* (Piper) Stapf.) (Сл. 4.17) у густом склопу чисти земљиште од корова и сузбија нематодe коријена. Два пута је ефикаснија од кукуруза у усвајању воде. Због велике биомасе значајна је у одрживом управљању земљиштем, у повећању органске материје у земљишту и заштити земљишта од ерозије.

4.4.3. Покровни усјеви

Покровни усјеви представљају важан елемент еколошке биљне производње, чија је основна улога заштита земљишта од ерозије, повећање плодности земљишта, контрола корова, болести и штеточина (Fageria et al. 2007; Kaye and Quemada 2017). Биљке својим коријењем вежу честице земљишта, а надземном масом спречавају испирање површинског слоја земљишта од воде и вјетра. Покровни усјеви боље задржавају воду и поспјешују упијање воде у земљиште, те смањују површинско отицање воде. Они се гаје првенствено због користи коју пружају земљишту и средини, а не због комерцијалне жетве. Идеалан покровни усјев мора брзо клијати и ницати, бити толерантан на неповољне временске услове, имати способност фиксације атмосферског азота, апсорбовати хранива из земљишта помоћу добро развијеног, моћног и дубоког коријена, произвести велику количину биомасе у кратком периоду, важно је да није захтјеван према агротехничким мјерама, да се не налази у конкуренцији са главним комерцијалним усјевом, да је толерантан на инсекте и болести, да има способност

супресије корова и да је исплатив за гајење (Reddy 2016). Покровни усјеви најчешће су једногодишње гајене биљке кратке вегетације, које се, у принципу, гаје зими, као предусјев за јаре усјеве, или љети, након озимих усјева. Покровни усјеви обезбјеђују додатни принос зрна и/или биомасе и доприносе одрживости плодореда, те имају вишеструк утицај на биљну производњу (Dabney et al. 2001). Покровни усјеви утичу на бројност инсеката (Dunbar et al. 2016), редукују долазно сунчево зрачење, чиме утичу на температуру средине и биолошку активност. Везују угљеник и задржавају хранљиве материје у земљишту, штите земљиште од енергије кишних капи и утичу на цјелокупну расподјелу влаге у профилу земљишта. Имају утицај на кретање хранљивих материја и агрохемикалија у агросистемима (Snapp et al. 2005). Представљају додатни извор органске материје јер унесеном биомасом повећавају плодност земљишта и утичу на приступачност хранива сљедећим усјевима.

Покровни усјеви необично су важни у системима примарне органске производње, нарочито с аспекта одрживе пољопривредне производње. Под изразом „покровни усјев“ подразумијева се више различитих мјера управљањем земљиштем под вегетацијом (зимски покровни усјеви, зелено ђубрење љети, живи малчеви, међуусјеви, сјетва крмног биља иза главног усјева и др.), чија је основна сврха одржавање постојећих или побољшање физичких особина земљишта (структура, водни и ваздушни режим и др.), повећање органске материје у земљишту, акумулација угљеника легуминозама, побољшање микробиолошке активности земљишта, сузбијање корова, односно, генерално, побољшање плодности земљишта.

Зелено ђубрење подразумијева унос свјеже, лако разградљиве органске материје у земљиште у циљу обogaђивања земљишта хранивима, док покровни усјеви имају додатну функцију „покривача земљишта“, да би се спријечила ерозија водом или вјетром и испирања хранива, прије свега нитрата. Покровни усјеви могу бити једногодишње, двогодишње или вишегодишње зељасте биљке, често и више врста биљака здружених сјетвом.

Као покровни усјеви могу се користити легуминозе и нелегуминозе. Легуминозе на коријену формирају квржице које фиксирају азот из ваздуха и затим га претварају у биљкама приступачан облик за усвајање. Заоравањем покровног усјева легуминоза у земљиште, азот из квржица постаје доступан биљкама које се гаје као комерцијални усјев (Smith et al. 1987; Ladha et al. 2004). Нелегуминозни покровни усјеви углавном се користе да штите земљиште од ерозије, смање испирање нитрата и

допринесу побољшању физичких, хемијских и биолошких особина земљишта (McCracken et al. 1994).

Према функцији, у односу на земљиште, покровни усјеви могу се условно подијелити у три основне групе: **покровни усјеви** (*cover crops*), **усјеви хватачи** (*catch crops*) и **економски усјеви** (*cash crops*) (Thorup-Kristensen et al. 2003). Покровни усјеви јесу усјеви којима се поправља структура земљишта, спречава ерозија, повећава плодност земљишта, акумулира хумус. Покровни усјеви углавном се сију када је земљиште голо (без главног усјева) и првенствено имају функцију заштите земљишта од ерозије. Усјеви хватачи јесу покровни усјеви који се сију након жетве главног усјева, чија је главна улога спречавање испирања хранива из земљишта, првенствено нитрата, извлачење хранива из дубљих слојева земљишта, њихово усвајање (посебно нитрата), те спречавање онечишћавања животне средине (Таб. 4.4). Обично се сију одмах након жетве главне гајене биљне врсте. Врсте из породице трава велики су потрошачи азота, па се зато углавном травне врсте и користе као покровни усјеви хватачи, јер имају већу способност хватања хранива. Тако, нпр., сјетвом ражи након кукуруза доприноси се да се сачува резидуални азот и умањи могућност контаминације подземних вода нитратима (Sullivan 2003). У овом случају, раж као усјев хватач има улогу озимог покровног усјева. Покровни усјеви кратке вегетације који се уклапају у плодоред такође се сматрају усјевима хватачима. У односу на друге покровне усјеве, раж као покровни усјев производи велику количину биомасе и задржава веће количине воде у земљишту (Daniel et al. 1999).

Таб. 4.4. Биомаса и садржај хранива (kg ha^{-1}) у покровним усјевима (Sullivan 2003)
 Tab. 4.4. Biomass and nutrient content (kg ha^{-1}) in cover crops (Sullivan 2003)

Покровни усјев	Биомаса	N	K	P	Mg	Ca
Озима грахорца	3.654	158	149	20	20	58
Инкарнатка	4.756	129	160	18	12	70
Сточни грашак	4.612	161	178	21	15	50
Раж	6.287	100	121	19	9	25

Посебно су значајне количине азота који у земљишту остављају легуминозе када се користе као покровни усјеви (Таб. 4.5). Унесена органска маса задржава воду у земљишту, повећава квалитет земљишта, побољшава услове за живот микроорганизмима који се налазе у земљишту, спречава стварање покорице и доприноси ефикаснијем кружењу хранива у земљишту. Гљивична активност микориза у побољшању квалитета земљишта у пракси је широко прихваћена. Покровни усјеви подстичу повећање инокулације микоризним гљивицама у земљишту (Galvez et al. 1995).

Покровни усјеви још се користе у интегрисаним системима усјева, као што је сточна испаша (нпр. мијешани усјев овса и грахорице) и у стварању хлада у топлим крајевима, гдје својом сјенком штите земљиште и биљке током љета од прегријавања и ерозије изазване јаким кишама (Baligar and Fageria 2007).

Покровни усјеви могу бити засновани као међуусјеви (накладни, пострни, озими), а код широкоредних усјева могу се усијавати и у међуредни простор као здружени усјеви (Sullivan 1990). Као међуусјеви заснивају се у временском периоду између два главна усјева, с циљем да површина земљишта буде покривена биомасом током цијеле године. Послије бербе главног усјева, почетком љета, покровни усјеви заснивају се брзорастућим биљним врстама (хељда, сирак, суданска трава), чиме се спречава ерозија, обезбјеђује контрола корова и управља органском материјом. Сјетвом у љетњем периоду, у условима без наводњавања, намеће се проблем недостатка влаге за ницање покровног усјева (Idowu and Grover 2014). Покровни усјеви узгајани љети углавном имају намјену сидерата и користе се у циљу попуњавања плодореда уз обогаћивање земљишта хранивима, посебно на слабо плодним земљиштима, или као припрема земљишта за вишегодишњи усјев или заснивање трајног засада (Billig 2017). Користе се различите легуминозе, али и друге биљне врсте као што су просо, крмни сирак, суданска трава, рауола, хељда и др., које ће помоћи у побољшању физичких и хемијских особина земљишта и супресији корова.

Таб. 4.5. Просјечна биомаса и количина азота неких легуминоза (Sullivan 2003, модификовано)

Tab. 4.5. Average biomass and nitrogen content of some legumes (Sullivan 2003, modified)

Покровни усјев	Биомаса (t ha^{-1} суве материје)	Азот (kg ha^{-1})
Кокотац (<i>Melilotus officinalis</i>)	3,92	135
Александријска дјетелина (<i>T. alexandrinum</i>)	2,46	78
Инкарнатка (<i>Trifolium incarnatum</i>)	3,14	112
Озима грахорица (<i>Vicia villosa</i>)	3,92	123

Озими покровни усјеви сију се у касно љето или у јесен са циљем покривања и заштите земљишта током зиме (Sullivan 2003). Од зимских покровних усјева најчешће се користе различите легуминозе (дјетелине, грахорице и др.), али то може бити и раж (може и мјешавина ражи, јечма и пшенице) или неко друго стрно жито (Blanco-Canqui et al. 2015).

Легуминозни покровни усјеви имају предност због накупљања азота у земљишту. Уколико постоји опасност од ниских зимских температура, треба користити толерантне биљне врсте, као што су раж и маљава грахорица.

Живи малч (*Living mulch*) јесте покровни усјев који се усијава у једногодишње или вишегодишње комерцијалне гајене биљке. Живи малчеви су покровни усјеви који расту заједно с главним усјевом у пољу. Узгајају се због позитивних утицаја на агроекосистем, а не због жетве и директне зараде. Штите земљиште од ерозије, побољшавају плодност земљишта (легуминозе), конзервишу хранива у плићем површинском слоју земљишта, повећавају биодиверзитет, повећавају инфилтрацију воде и сузбијају корове (Malik et al. 2008). Употреба живих малчева има важну улогу у интегралној заштити од корова, као и у еколошкој пољопривреди, јер ови усјеви могу сузбијати корове кроз дужи временски период, почевши од раног развоја усјева па све до сјетве слједеће гајене биљке. Најчешће се као живи малчеви користе легуминозе ниског раста и траве. Примјер живог малча код једногодишњих гајених биљака може бити међуредно усијавање маљаве грахорице код посљедњег култивирања кукуруза, усијавање поврћа без обраде земљишта у подземну дјетелину (*Trifolium subterraneum*), усијавање кокотца у стрна жита и сл. (Wu et al. 2010). Засијане траве или легуминозе између редова у воћњацима и виноградима представља примјер живог малча у вишегодишњим гајеним биљкама (Billig 2017). Различите врсте малчева имају различиту ефикасност у сузбијању корова (Таб. 4.6).

Таб. 4.6. Сузбијање корова различитим врстама малчева (Mohammadi 2009)
 Tab. 4.6. Weed control with different types of mulch (Mohammadi 2009)

Биљна врста (малч)	Сузбијање корова (%) у односу на контролу
Црвена дјетелина, озима грахорица	75
Подземна дјетелина	53–94
Бијела горушица	80
Бијела дјетелина	45–51
Луцерка	34–60
Раж	37–79

Ограничење за употребу живог малча односи се на конкуренцију за хранивима и водом, што може довести до пада приноса главног усјева, због чега вриједи правило да се живи малчеви не користе ако постоји дефицит воде (Liedgens et al. 2004). Ако се покровни усјеви посију прије

ницања корова, прекривањем земљишта створиће се услови који су неповољни за клијање, ницање и раст корова. Ако живи малчеви не остваре добру покривност земљишта, корови могу неометано расти и развијати се. Живи малчеви стварају непогодне услове за прекид дормантности сјемена корова (Teasdale et al. 2007a). Покровни усјеви који се гаје у зимском периоду (сију у касну јесен и терминирају у прољеће) такође имају улогу живих малчева јер својом присутношћу на земљишту директном конкуренцијом дјелују на корове који би се без покривног усјева неометано развијали и осјеменили на прољеће. Живи малчеви могу бити посијани непосредно прије главног усјева, истовремено с главним усјевом или недуго након сјетве главног усјева. Ови покровни усјеви требало би да се развијају брже од корова, а раздобље најбржег пораста требало би да се поклапа с раним ницањем корова (Teasdale et al. 2007b). Живи малчеви треба да сузбију корове до момента када наступа критична закоровљеност, односно до момента када коров конкуренцијом почиње да штети главном усјеву. За покровне усјеве треба одабрати брзорастуће врсте, кратке вегетације и ниског хабитуса (Jug i sar. 2017).

Сјетва пострних/покривних усјева може имати за циљ да се покровни усјев користи за зелено ђубриво или да се реализују двије жетве годишње. Избор врсте за покровни усјев зависи од опремљености газдинства механизацијом и одговарајућом опремом. Газдинства која су оријентисана према сточарству најчешће користе кукуруз за накнадни усјев. Од ратарских гајених биљака, поред кукуруза, користи се јари сточни грашак, ране сорте соје, крмни сирак и др. Садња касних врста купусњача може се обављати након жетве стрних жита. За сјетву пострних усјева важна је влага, температура, као и особине земљишта. Висока температура и дефицит воде доводе до исушивања површинског слоја земљишта и отежавају клијање и ницање, због чега предност имају богата земљишта са високим нивоом подземних вода и парцеле које се налазе у близини ријека и потока.

Сјетву озимих правих жита за формирање покривних усјева треба обавити раније у односу на препоручене оптималне рокове, како би биљке формирале довољну количину биомасе до сјетве главног усјева и тиме обезбиједиле вршење функције покривног усјева. Због отпорности на ниске температуре у суровијим условима, велике количине произведене биомасе и алелопатског дјеловања, од стрних жита најчешће се користи озима раж (*Secale cereale* L.) као покровни усјев. Остала стрна жита: пшеница, тритикале и јечам, мање су отпорна на ниске температуре од ражи, па је ова особина у покривним усјевима у којима се они раније сију још више изражена. По дужини вегетационог периода најприје доспијева

раж, а затим јечам, тритикале, па пшеница. Раж расте изузетно брзо у прољеће, када формира велику биомасу, а неке старе сорте постижу висину стабла и до 1,5 м. Јечам и пшеница имају спорији раст, формирају мању биомасу и нижа стабла, па остварују мање погодности у покровном усјеву од ражи (Landry et al. 2019).

Уништавање покровног усјева или терминација врши се двије до три седмице прије сјетве главног усјева, ваљком за покровне усјеве, ситницицом биљних остатака или хербицидима (Wortman et al. 2012, 2013). Кашњење уништавања доводи до ризика да у сувим прољећима биљке у покровном усјеву потроше већи дио земљишне влаге за наредни усјев. Позитивни ефекти употребе покровних усјева изражени су у потпуности само ако су њихови биљни остаци остављени на површини земљишта као малч, док се њиховим уношењем у земљиште тај ефекат мање испољава. Уништавањем покровног усјева и формирањем слоја биљних остатака на површини земљишта чува се влага земљишта и повећава инфилтрација воде од падавина, чиме се стварају повољни услови за заснивање главног усјева. У таквим условима, директном сјетвом (*no till*, без обраде) или дјелимичном обрадом (*strip till*, у траке) и сјетвом, врши се заснивање главног усјева, а формирано малч касније у главном усјеву спречава појаву корова и чува земљишну влагу.

4.4.3.1. Значај покровних усјева у одрживој пољопривреди

Контрола ерозије. Покровни усјеви са великом продукцијом биомасе у периоду године када се на парцелама не налази комерцијални главни усјев могу веома ефикасно заштитити земљиште од ерозије (Sharma et al. 2018). Значај покровног усјева у контролисању ерозије земљишта види се из пионирских истраживања која су изведена у Белгији са различитим покровним усјевима – бијелом слачицом (*Sinapis alba*), фацелијом (*Phacelia tanacetifoli*), овсем (*Avena sativa*), обичним љуљем (*Lolium perenne*) и уљаном и крмном ротквицом (*Raphanus sativus* subsp. *oleiferus*). Густина коријена покровних усјева износила је од 1,02 кг м⁻³ код фацелије до 2,95 кг м⁻³ код обичног љуља. Биљне врсте са жиличастим коријеновим системом, као што је код обичног љуља, ражи и овса, имају висок потенцијал заштите земљишта од ерозије, док је код биљних врста са задебљалим коријеном, као што је код бијеле слачице и крмне ротквице, ефикасност заштите од ерозије знатно мања (De Baets et al. 2011). Биљке покровног усјева својим коријеном везују честице земље, чиме се спречава испирање, а надземном биомасом онемогућавају одношење

финих честица са површине земљишта вјетром. Вишегодишњи усјеви густог склопа поспјешују задржавање и упијање воде у земљиште и смањују површинско отицање (Parlak and Ozaslan Parlak 2010). Након терминације покровног усјева настаје малч, који је ефикасна заштита од ерозије (Zdravković i sar. 2012). Генерално, најбољу заштиту од ерозије обезбјеђују траве и травне смјеше, а у зимском периоду озима стрна жита и озиме купусњаче (Kruidhof et al. 2008).

Побољшање физичких и хемијских особина земљишта. Траве са својим моћним жиличастим коријеновим системом представљају најбољи покровни усјев за побољшање структуре земљишта (Sharma et al. 2018; Naguna et al. 2020). Коријен трава везује земљиште, а такође може да продре и кроз збијено земљиште. Биљне врсте са вретенастим и репастим коријеном, као што су купусњаче, продиру у дубље слојеве земљишта, рахле га, што омогућава коријену наредне гајене биљке да из дубљих слојева усваја воду и хранљиве материје (Couëdel 2018). Биљке моћног коријеновог система, као што су кукуруз, сирак, суданска трава, просо, љуљеви и раж, ублажавају ефекте сабијања земљишта (Chen and Weil 2010). Током зиме, сабијени слојеви земљишта садрже више воде, омекшали су, и коријен покровног усјева може да продре у дубље слојеве. Покровни усјеви који имају нижи однос C : N приликом разлагања ослобађају органске молекуле, попут полисахарида, који побољшавају структуру земљишта (Ramírez-García et al. 2015). Тиме се објашњава да је земљиште у прољеће меко након легуминоза. Овај ефекат је у корелацији са количином разградивих остатака. Покровни усјеви код којих је мали садржај азота и висок однос C : N имаће спорије ослобађање полисахарида у средину, због чега се у том случају структура земљишта спорије поправља. У симбиотском односу са већином гајених биљака (изузев купусњача) живе микоризне гљиве (Soti et al. 2016), којима биљке обезбјеђују енергију, а оне проширују зону коријеновог система и помажу биљкама у апсорпцији хранљивих материја (Yuvaraj and Ramasamy 2020).

Микоризне гљиве налазе се на врховима коријена и, када изумиру, ослобађа се гликопротеин под називом гломалин, који доприноси бољој структури земљишта (Rillig and Mummey 2006). Конзервацијска обрада земљишта, континуирано присуство живог коријеновог система у земљишту (покровног усјева), на који се могу населити микоризе, и дефицит фосфора стимулишу стварање микоризних гљива (Kabir 2005; Parniske 2008).

Моћни коријенови системи неких покровних усјева изузетно су ефективни у рахљењу и одржавању повољног ваздушног режима земљишта. Код плаве лупине, која је била покровни усјев, коријен има улогу „биолошког плуга“, продирући у компактни, збијени слој земљишта (Henderson 1989). Сличан ефекат на рахљење дубљих слојева земљишта имају и остали покровни усјеви. Коријен црвене дјетелине и лупине достиже дубину преко 2 метра, њивске грахорице и слачице 1,5 метара, а бијеле дјетелине и маљаве грахорице 1,2 метра (Sullivan 2003).

На парцелама гдје је гајена раж као покровни усјев у ротацији силажни кукуруз – соја, утврђена је 1,2 пута већа популација кишних глиста и 1,4 пута већа биомаса силажног кукуруза у поређењу са парцелама без покровних усјева. Дугорочно коришћење покровних усјева доприноси побољшању структуре земљишта и повећању популације глиста, што накнадно смањује губитке хранљивих састојака и талог у површинском отицању (Korusi et al. 2018). Покровни усјеви, као што су грашак и овас, такође доприносе повећању популације глиста у односу на површине под угаром и површине гдје је покровни усјев јари јечам. *Brassica* врсте, попут слачице (*Brassica nigra* L.), имају велику надземну биомасу, али мању популацију глиста (Roarty et al. 2017).

Након 25-годишње обраде земљишта на конвенционалан начин, утврђено је да покровни усјев повећава пропусност земљишта, садржај органске материје, макропорозност и принос главног усјева (Patrick et al. 1957; Olson et al. 2014). У плодореду кукуруз – соја, озими покровни усјеви, као што су овас и раж, повећавају садржај органске материје у земљишту (Kaspar et al. 2006). Покровни усјеви смањују губитке воде из земљишта путем транспирације и повећавају садржај воде у земљишту, смањују површинску дренажу и одржавају квалитет земљишта (Qi and Helmers 2010). У неколико студија проучаван је утицај покровних усјева на физичке и хемијске особине земљишта (Таб. 4.7). Неколико покровних усјева имају утицај на хемијске особине земљишта, као што су садржај хранљивих материја, соли, органског угљеника, и на јоноизмјењивачке особине земљишта. Остављање земљишта у угар и коришћење покровних усјева утицало је на повећање стопе инфилтрације, садржај азота у земљишту, садржај у води растворљивог органског угљеника и микробиолошке активности. Органски остаци различитих усјева доприносе враћању и задржавању органске материје у земљишту и секвестрацији угљеника, чиме се одржава здравље и квалитет земљишта (Turmel et al. 2015).

Таб. 4.7. Утицај покровног усјева на физичке и хемијске особине земљишта (Sharma et al. 2018, модификовано)
 Tab. 4.7. Effect of cover crops on soil physical and chemical properties (Sharma et al. 2018, modified)

Покровни усјев	Главни усјев	Ефекти	Аутор
Физичке особине			
Дјетелина инкарнатка, конопља	Кукуруз	Повећање С и N у земљишту, смањење запреминске густине земљишта, повећање хидрауличке проводљивости	Hubbard et al. (2013)
Раж	Кукуруз – соја (плодоред)	Смањење запреминске густине земљишта, смањење односа С : N	Haruna and Nkongolo (2015)
Грахорица – конопља	Оз. пшеница сирак (зрно)	Повећање органског угљеника за 30%, повећање стопе инфилтрације, смањење запреминске густине земљишта	Blanco-Canqui et al. (2011)
Вroom grass, јагодаста дјетелина	-	Смањење површинске чврстоће земљишта за 38%–41%, повећање стопе инфилтрације за 20%–100%	Folorunso et al. (1992)
Грахорица	Кукуруз	Повећање стабилности агрегата земљишта, повећање инфилтрације воде	Steele et al. (2012)
Хемијске особине			
Раж, овас, уљана репица	Црвени лук	Остаци биљака ражи имају најдуже вријеме полураспада и постепено ослобађају хранива у земљиште	De Oliveira et al. (2016)
Кајан (голубији грашак), пасуљ	Кукуруз	Повећање доступног K^+ , матричног потенцијала земљишта, C/N односа, органског угљеника у земљишту	Hulugalle et al. (1988)
Здружени усјеви – више различитих покровних усјева	Кукуруз	Повећање доступног Mg^{2+} и K^+ , повећање садржаја P у површинском слоју земљишта (5–10 цм)	Ensinas et al. (2016)

Повећање садржаја хранива у земљишту. Поред азота који усвоје легуминозе као покровни усјев, покровни усјеви доприносе рециклажи других хранљивих материја у обрадивом земљишту. Током вегетационе сезоне, у покровним усјевима накупљају се азот, фосфор, калијум, калцијум, магнезијум, сумпор и друге хранљиве материје. Када се зелено ђубриво инкорпорира у земљиште или употрејеби као малч, без уношења у земљиште, есенцијални елементи из зеленог ђубрива, током разградње, полако постају доступни гајеном усјеву. У циљу одређивања неопходне количине минералних ђубрива у земљишту за главни усјев, Ноут (1987) (према Sullivan 2003) наводи процијењену количину биомасе и појединих хранљивих елемената које остављају поједини покровни усјеви (Таб. 4.8). Поједине широколисне биљне врсте имају способност акумулације минералних материја у своме ткиву у високом проценту. Тако нпр. хељда, лупина и кокотац имају способност екстракције фосфора из земљишта. Слично, луцерка и друге биљке које имају дубок коријен, а користе се за зелено ђубриво, усвајају хранљиве материје из дубљих слојева и премјештају их ближе површини земљишта, у зону коријена, чиме оне постају доступне наредним усјевима. Разградња зеленог ђубрива у земљишту омогућава доступност минералних материја и на други начин. Током разградње органских материја угља, и друге органске киселине, које настају као нуспроизвод микробиолошке активности, реагују са нерастворљивим минералима и талозима фосфата и ослобађају фосфате и замјенљиве хранљиве материје (McLeod 1982).

Таб. 4.8. Принос биомасе и накупљених хранљивих елемената у неким покровним усјевима (Sullivan 2003, модификовано)

Tab. 4.8. Biomass yield and nutrient accrument by selected cover crops (Sullivan 2003, modified)

Покровни усјев	Биомаса (т ха ⁻¹)	N (кг ха ⁻¹)	K (кг ха ⁻¹)	P (кг ха ⁻¹)	Mg (кг ха ⁻¹)	Ca (кг ха ⁻¹)
Грахорица	3,65	158	149	20	20	58
Инкарнатка дјетелина	4,75	129	160	18	12	69
Озими грашак	4,61	161	178	21	14	50
Раж	6,28	100	121	17	10	25

Акумулација азота. Повећање количине азота у земљишту гајењем легуминоза кључна је предност гајења покровних усјева и зеленог ђубрива. Акумулација азота у легуминозном зеленом ђубрењу износи 70–180 кг ха⁻¹ (Hartwig and Ammon 2002; Liebman et al. 2012). Количина доступног азота из легуминоза зависи од врсте легуминозе, укупне произведене биомасе и процента азота у биљном ткиву (Fageria 2007a). Агроеколошки услови који

ограничавају раст и развиће легуминозног усјева, као што је каснија сјетва, недовољан склоп и дефицит воде, смањиће количину произведеног азота. Оптималан склоп, оптималан садржај хранива у земљишту и рН земљишта, добра нодулација и повољна влажност земљишта омогућавају високу производњу/фиксацију азота. Од укупног азота зеленог ђубрива, тј. азота који се налази у легуминозама, 40%–60% доступно је наредном усјеву (Fageria 2007б). Маљава грахорица (*Vicia vilosa* Roth) акумулира 136–178 кг ха⁻¹ азота у надземној биомаси и за наредни усјев од тога доступно је око 50% (Guido et al. 2007). У усјеву црвене дјетелине, хибридне луцерке и бијелог кокотца у чистом усјеву, у условима Естоније, утврђено је 206 кг ха⁻¹ азота, 24 кг ха⁻¹ фосфора и 144 кг ха⁻¹ калијума (Talgre et al. 2012). Наредном усјеву у првој години доступно је 40% азота биљног ткива покровног усјева, код кога је хемијски урађена терминација и који је примијењен као малч (Cherr et al. 2006). Уколико се заоре, наредном усјеву доступно је 60% азота покровног усјева. У суштини, покровни усјев има позитиван ефекат на принос наредних усјева 2–3 године (Cherr et al. 2006).

Управљање земљишном влагом. Покровни усјев и његови остаци након терминације спречавају површинско отицање воде и поспјешују њено упијање у земљиште (Adekalu et al. 2007), а остаци покровног усјева спречавају испаравање воде из земљишта (Gava et al. 2013). Покровни усјев доприноси смањењу евапорације са површине земљишта, конзервацији влаге од наводњавања и падавина, и обезбјеђењу влаге за наредни усјев (Basche et al. 2016). Ови позитивни ефекти употребе покровних усјева изражени су у потпуности само ако су биљни остаци остављени на површини земљишта као малч, док се њиховом уношењем у земљиште тај ефекат мање испољава (Gava et al. 2013). У гајењу мркве уз присуство малча потрошња воде за заливање смањује се за око 30%, због мањег одавања воде испаравањем (Filipović i sar. 2012). Потребе за малчом у главном усјеву нарочито су изражене ако претходни усјев није оставио биљне остатке (кукурузна силажа). Стрњика покровних усјева може да задржава снијег, нарочито ако је остављена у појасевима различите висине (Zhang et al. 2011). На земљиштима са вишком воде, малч формиран од биљних остатака покровног усјева спречава просушивање земљишта па је припрема парцеле за заснивање главног усјева отежана, због чега у тим ситуацијама уништавање покровног усјева треба одложити, јер живи покровни усјев троши воду па може утицати на то да се вишак влаге у земљишту смањи. У овим случајевима, вишак земљишне влаге послије уништавања покровног усјева може се регулисати обрадом земљишта у траке (*strip-till*), чиме се обезбјеђује просушивање земљишта и задржавање малча између редова (Ugrenović i sar. 2014). Покровни усјеви имају вишеструку примјену и значај –

травни покровни усјеви штите земљиште, раж повећава садржај органске материје и штеди воду, сирак и суданска трава дубоким коријеном повољно утичу на физичке особине земљишта, љуљеви код превлаженог земљишта стабилизују међуредни простор у усјевима, засадима и на непољопривредним површинама (Snapp et al. 2005; Kaspar et al. 2007). Сточна ротква формира велики коријен и поспјешује инфилтрацију воде у земљиште (Lawley et al. 2011). Ксенофитне махунарке, жута луцерка и сочиво ефикасно користе воду и у покровном усјеву, штеде земљишну влагу боље него на голом необрађеном земљишту (Sormunen-Cristian et al. 2008). Озима раж, као покровни усјев код кукуруз – соја плодореда ефикасна је у конзервсању земљишне влаге и побољшању водног режима земљишта (Qi and Helmers 2010).

Спречавање испирања азота. Прекомјерна употреба азотних хранива доводи до нагомилавања нитрата у земљишту, који се у кишним годинама испирају и загађују подземне воде (Kurt et al. 2021). У конвенционалној ратарској производњи, губици азота преко испирања нитрата износе 10%–30% од примијењене количине (Meisinger and Delgado 2002). Задржавање азота у земљишту и његово искоришћавање комплексан је процес, који зависи од климатских фактора, особина земљишта и примијењене агротехнике (Sharma et al. 2012). Испирање нитрата велики је проблем јер они директно одлазе у подземне воде, посебно у воду за пиће, доводе до еутрофикације морске воде и загађења ваздуха са амонијаком. Обрада земљишта, укључујући и прецизну пољопривредну производњу, може допринијети ублажавању испирања азота из пољопривредних земљишта (Di and Cameron 2002). Употребом зеленог ђубрива и покровних усјева може се ефикасно држати под контролом количина азота у пољопривредним земљиштима (Tosti et al. 2014). Биљке из групе правих жита моћним коријеном накупљају хранива, нарочито азот, који остаје у земљишту послје жетве, па се тако за три мјесеца накупи и до 79 kg N ha^{-1} (Kaspar et al. 2012; Ugrenović i sar. 2014). Усвајањем азота травни покровни усјеви могу да спријече његово испирање и тако га сачувају за наредни усјев, али тако спречавају и загађење подземних вода. Употребом травних покровних усјева у чијим биљним остацима је однос C : N изнад 30 (раж у пуној зрелости), микроорганизми за њихову разградњу троше азот, па се ова појава може искористити за управљање нитратима у земљишту. Послије уништавања покровног усјева травних врста, биљни остаци имају висок однос C : N, што узрокује врло споро разлагање и краткорочно ствара недостатак азота за главни усјев, али дугорочно утиче на повећање садржаја органске материје у земљишту.

Покровни усјеви смањују потребну количину хранива, посебно азота, за наредни усјев, јер је одређена количина азота везана за коријен покровног усјева, чиме се спречава његово испирање у подземне воде и његово кретање у дубље слојеве профила земљишта (Gabriel et al. 2013). И нелегуминозни покровни усјеви, као што је обични љуљ (*Lolium perenne* L.) у условима Шведске смањују концентрацију испраних нитрата на мање од 5 мг л⁻¹, док код ратарења без покровног усјева испирање износи 10–18 мг л⁻¹ (Bergström and Jokela 2001). Утврђено је да овас као покровни усјев редукује количину нитрата за 26%, а раж за 48% (Kaspar et al. 2012). Раж у покровном усјеву искористи од 25% до 100% заосталог азота из производње претходног главног усјева (Poffenbarger et al. 2015). Испирање нитрата мање је за 40% када су легуминозе покровни усјев и 70% код нелегуминозних покровних усјева него код система угара (Tonitto et al. 2006).

Таб. 4.9. Однос угљеника и азота код покровних усјева (Sullivan 2003)

Tab. 4.9. Common C : N ratios of cover crops (Sullivan 2003)

Поријекло органске материје	Однос C : N	Референце
Младе биљке ражи	14 : 1	Marianne (1994)
Раж у цвјетању	20 : 1	Marianne (1994)
Маљава грахорица	од 10 : 1 до 15 : 1	Sullivan (1990)
Инкарнатка дјет. (<i>T. incarnatum</i> L.)	15 : 1	McLeod (1982)
Стабло кукуруза	60 : 1	Marianne (1994)
Пиљевина дрвета	250 : 1	Davidson et al. (1988)

Микробиолошка активност у земљишту. Након инкорпорирања младог и бујног зеленог ђубрива у земљиште, долази до наглог повећања броја и активности земљишних микроорганизама (Ye et al. 2014). Током микробиолошке разградње унесене органске материје, ослобађају се хранљиве материје које се налазе у биљном ткиву и постају доступне за наредни усјев. Температура и влажност земљишта и однос C : N у инкорпорираном биљном материјалу главни су фактори који утичу на ефикасност микроорганизама у разлагању органске материје. Однос C : N зависи од биљне врсте и старости биљног ткива (Таб. 4.9). Са старошћу биљака повећава се садржај влакана (угљеника), а смањује се садржај протеина (Dabney et al. 2001). Оптималан однос C : N за брзо разлагање органске материје јесте између 15 : 1 и 25 : 1 (Finney et al. 2016). Однос C : N већи од 25 : 1 може довести до тога да микроорганизми земљишта приликом разградње биљних остатака вежу азот добијен разградњом, због чега је у том случају он недоступан наредном усјеву. У циљу ефикаснијег разлагања код покровних усјева са

високим садржајем угљеника препоручује се додавање азотних ђубрива. Нижи однос С : N подразумијева да ће већа количина азота из покровног усјева бити доступна гајеним биљкама.

Сузбијање корова. Корови су један од главних агрономских проблема у конвенционалној, а још више у органској пољопривреди, гдје је хемијска контрола корова знатно ефикаснија од нехемијске (Piliavičius et al. 2010). Штете које изазивају корови углавном зависе од биолошких особина усјева, услова животне средине и степена покривености земљишта усјевом (Swanton et al. 1999). У контроли закоровљености покровни усјеви се, с обзиром на вегетациони период, употребљавају на два начина: ван вегетације главног усјева и истовремено са вегетацијом главног усјева. Један од важних ефеката покровних усјева који се гаје ван сезоне главног усјева јесте стварање довољно резидуа које ће својим дјеловањем негативно утицати на клијање, ницање и даљи развој корова. Покровни усјеви гајени на овај начин имају заштитну улогу, јер конкуренцијом спречавају раст и развиће најчешће озимих и каснојесењих корова, који би се иначе несметано развијали, а често и осјеменили до сјетве јарих усјева у прољеће, будући да се углавном ради о ефемерним коровима (Caporalli et al. 2004). Покровни усјеви мијењају динамику популације корова, гдје је коришћењем покровних усјева популација корова редукована преко 90% у односу на незасијано земљиште (Skora Neto and Campos 2004).

Живи покровни усјеви имају далеко већи потенцијал за сузбијање корова у односу на остатке покровних усјева (Reddy and Koger 2004), што је резултат дјеловања покровног усјева на све животне фазе корова (Teasdale et al. 2007b). Покровни усјеви који се гаје ван вегетације главног усјева најчешће су озими покровни усјеви, који се сију у касну јесен, а вегетација им се завршава углавном терминацијом у прољеће. Повољан склоп покровног усјева постиже се благовременом сјетвом и одговарајућом његом, и на тај начин може се постићи да покровни усјев заузме цјелокупан вегетациони простор на парцели, засјени површину земљишта и смањи могућност развијања корова. Терминација покровног усјева најчешће се врши инкорпорацијом у земљиште прије сјетве главног усјева у прољеће. Приликом одабира озимих покровних усјева треба водити рачуна о отпорности биљака на ниске температуре, брз почетни раст и развој, у циљу што бржег и ефикаснијег прекривања земљишта (Brozović i sar. 2017).

У условима Литваније, у органској производњи, бијела слачица као чист усјев или у смјешу са хељдом била је ефикаснија у контроли корова у односу на смјешу усколисне лупине и уљане роткве (Masilionyte et al. 2017). Нелегуминозни покровни усјеви, као што су раж, просо и суданска трава,

ефикасни су у биолошкој супресији корова, повећању садржаја органске материје у земљишту, заштити земљишта од ерозије и продубљивању и рахљењу ораничног слоја (Büchi et al. 2018; Oliveira et al. 2019). Пошто ови усјеви не обогаћују земљиште азотом, гдје је год могуће, након једногодишњих зрнастих гајених биљака, као што су жита и поврће, треба засијати легуминозне биљке зеленог ђубрења, које земљиште обогаћују азотом.

Алелопатске особине појединих биљних врста које се користе као озими покровни усјеви веома су важне у контроли корова. Сузбијање корова алелопатским покровним усјевима и живим малчевима изузетно је важно у одрживој, органској пољопривреди. Алелопатија се дефинише као биохемијска интеракција између биљке или микроорганизама и друге биљке кроз производњу хемијских једињења – алелохемикалија (Shekoofa et al. 2020). Алелохемикалије представљају секундарне метаболите који се излучују из биљке волатизацијом из лишћа, стабла, цвјетова и коријена. Ова хемијска једињења у земљиште могу доспјети из надземних дијелова биљке путем падавина или разградњом биљних остатака. Алелопатија дјелује на поједине корове преко инхибиције клијања, успоравања раста, некрозе коријена и смањивања продукције органске материје. Излучивање алелохемикалија појединих покровних биљних врста неповољно дјелује на клијање, ницање и почетни раст одређених врста корова (Таб. 4.10), док се у даљим развојним стадијима корова овај утицај губи (Creamer and Baldwin 2000).

Ефикасност дјеловања алелохемикалија на смањење закоровљености зависи од бројних спољашњих фактора, величине сјемена, дубине сјетве и др. Алелопатски утицај долази до изражаја још више када се покровни усјеви користе у смјеси, јер је тада алелопатски спектар шири, односно дјелује на више коровских врста него кад је чист усјев. Смјесе имају предност у сузбијању корова и због веће надземне биомасе коју покровни усјеви стварају, а управо је количина биомасе одговорна за што израженију конкуренцију између покровних усјева и корова (Brozović i sar. 2018). Смјесе су често ефикасније у искориштавању свјетла, воде и хранива у односу на чист усјев, што доводи до веће продукције биомасе и ефикасније супресије корова (Liebman and Dyck 1993). У неповољнијим условима (суша, високе температуре, напад штеточина или болести) алелопатија је ефикаснија (Jug i sar. 2017). Млада раж заорана у пуном бокорењу, а прије „no-till” садње поврћа, може спријечити појаву корова за неколико седмица, односно све до тренутка када главни усјев потпуно покрије земљиште (Vukadinović VI i Vukadinović Ve 2018). Малч од покошеног или хемијским путем терминираниог алелопатског покровног усјева има значајну улогу у контроли корова код гајења главних усјева при примјени редуковане обраде земљишта. Живи

малчеви сузбијају корове током вегетације, онемогућавањем коровским биљкама да искоришћавају свјетлост, воду и хранљиве материје.

Таб. 4.10. Алелопатски утицај неких покровних усјева на одређене врсте корова (Creamer and Baldwin 2000)

Tab. 4.10. Allelopathic influence of some cover crops on certain weeds types (Creamer and Baldwin 2000)

Покровни усјев	Коров
Озима грахорица	<i>Chenopodium album</i> , <i>Setaria glauca</i>
Црвена дјетелина	<i>Lolium multiflorum</i> , <i>Sinapis arvensis</i>
Озима раж	<i>Amaranthus retroflexus</i> , <i>Chenopodium album</i> , <i>Ambrosia artemisiifolia</i>
Пшеница	<i>Ipomea purpurea</i> , <i>Stellaria media</i>
Суданска трава	<i>Lolium multiflorum</i>

Сузбијање штеточина и узрочника болести. Позитиван ефекат покровног усјева у борби против штеточина истовремено утиче на смањење употребе пестицида, што повећава економичност производње и доприноси очувању животне средине. Покровни усјеви доприносе очувању природних ресурса и профитабилности производње (Phatak and Díaz-Pérez 1998). Када се као покровни усјев користе обични љуљ и раж, смањује се број циста нематода у соји. Покровни усјеви могу бити ефикасни репеленти у заштити кукуруза од кукурузних совица и у смањењу земљишних патогена (Hoogman 2009). Заорани остаци покровних усјева доприносе смањењу болести, уништавању станишта за инсекте и контроли корова (Phatak 1992). Јечам, уљана репица и обични љуљ, гајени у ротацији са кромпиром, утичу на смањење ризоктоније за 15%–50%. Озима раж као покровни усјев, поред ризоктоније, утиче на смањење краставости кромпира за 5%–20% (Larkin et al. 2012). Рутави овас (*Avena strigosa* Schreb) све више се користи у борби против нематода из фамилије Trichodoridae, јер спречава њихов развој.

Заштита квалитета вода. Успоравањем ерозије и спречавањем површинског отицања воде, покровни усјеви смањују могућност загађења вода услед нагомилавања пољопривредних хемикалија у обрадивом земљишту. На површинама гдје се неисправно руковало загађујућим материјама (нитрати, пестициди, тешки метали итд.), поједини покровни усјеви (раж, пшеница, јечам, љуљеви, мискантус) користе се као ремедијатори земљишта и подземних вода (Didier et al. 2012; Malone et al. 2014). Својим корјеновим системима ове биљне врсте могу усвајати загађујуће материје, смањити њихову концентрацију и тако допринијети смањењу испирања у подземне воде. Прекомјерна употреба азотних

хранива доводи до нагомилавања нитрата у земљишту који се у кишним периодима испирају и загађују подземне воде (Kaspar et al. 2007). Испирање нитрата неповољно је и за пољопривредне произвођаче јер је то губитак хранива која су плаћена, али и смањење приноса и вјероватно и квалитета главног усјева. Усвајањем азота покровни усјеви могу да спријече његово испирање и тако га сачувају за наредни усјев, али, што је сигурно важније, и да спријече загађење подземних вода (Malone et al. 2014). Раж у покровном усјеву искористи 35%–60% заосталог азота из производње претходног главног усјева (Kaspar et al. 2007). Коришћењем покровних усјева у чијим је биљним остацима C : N већи од 30 (раж у пуној зрелости, стабло кукуруза), микроорганизми за њихову разградњу троше азот, па се ова појава може искористити за управљање нитратима у земљишту (Larsen et al. 2011).

Складиштење угљеника. Секвестрација угљеника представља уношење и складиштење угљеника у биљке и пољопривредно земљиште, без негативног утицаја на пољопривредни принос. Секвестрација угљеника у природи врши се током процеса фотосинтезе, гдје зелене биљке чувају угљеник док апсорбују угљен-диоксид (CO₂) током раста. Потенцијал покровних усјева у повећању количине SOC није довољно проучаван (Lal 2004). Иначе, пољопривредна земљишта осиромашена су у SOC у поређењу са земљиштима под природним вегетационим покривачем. Гајење усјева доводи до губитка SOC од 30% до 40% у поређењу са природном вегетацијом (Poerlauer et al. 2011). На количину ускладиштеног органског угљеника у земљишту у конвенционалној или органској производњи могу утицати различите агротехничке мјере усљед разлика у инпутима биљног угљеника и стопе минерализације. SOC у површинском слоју земљишта 0–10 цм варира у зависности од инпута угљеника из биљака и већи је код покровних усјева (обична грахорица, раж, мјешавина грахорица + раж) него код непокровних биљака – корова и гајених биљака – памука (*Gossypium hirsutum* L.) и сирка (*Sorghum bicolor* L.) (Sainju et al. 2006). Секвестрација SOC на дубини 0–30 цм износи 120–130 кг N ха⁻¹ година⁻¹ код третмана са покровним усјевом у односу на 0 кг N ха⁻¹ година⁻¹ код третмана без покровног усјева (Sainju et al. 2006). Покровни усјеви имају предност у односу на друге праксе управљања земљиштем јер повећани SOC не смањује принос главног усјева.

Ублажавање климатских промјена. У пољопривреди се користе различите стратегије за ублажавање климатских промјена, које се генерално могу категоризовати у три групе: смањење емисије гасова стаклене баште, смањење производње азотних ђубрива и повећање складиштења гасова стаклене баште у земљишту (Samargo et al. 2013), због чега треба настојати да се избор покровних усјева усклади са климатским условима (Sharma et al. 2018) (Таб. 4.11).

Таб. 4.11. Неки основни параметри за избор покровних усјева (Sharma et al. 2018, модификовано)

Tab. 4.11. Some basic parameters to choose the cover crops (Sharma et al. 2018, modified)

Параметри	Усјеви	Примарна корист	Аутор
Озими услови покровни усјеви	озими	озима раж, купусњаче,	Moncada et al. (2010)
	покровни усјеви	грахорица, црвена дјетелина, овас	
јари покровни усјеви	хељда, сирак, сточни	заштита земљ. од ерозије, фиксација N, повећање орг. мат. у земљишту, поправак структуре земљишта	Creamer and Baldwin (2000) Blanco-Canqui et al. (2012)
	грашак, конопља	повећање орг. мат. у земљишту, повећање микроорганизама, контрола корова, заштита од ерозије	
Врста покровног усјева	легуминозе	грахорица, грашак, црвена дјетелина	Clark et al. (2008)
	нелегуминозе	пшеница, овас, јечам, једногодишњи љуљеви, купусњаче, слачице, хељда	Clark et al. (2008)

Примјена покровних усјева доприноси ублажавању климатских промјена преко смањења ерозије усљед кише, задржавања минерализованог азота усљед повећане температуре и повећања ефикасности одржавања повољнијег водног режима земљишта у периоду засићености водом и у периоду суше (Kaue and Quemada 2017). При одабиру покровног усјева, прво се мора одредити примарни разлог увођења покровног усјева у систем (ратарења). Вријеме и начин сјетве, као и вријеме и начин прекидања вегетације покровног усјева морају се пажљиво планирати. При дефинисању примарног разлога увођења покровног усјева мора се узети у обзир плодоред, тип земљишта, доступност воде (пољски услови / наводњавање) и особине покровног усјева (Sarrantonio 1989). Такође, код коришћења покровних усјева мора се водити рачуна о заштити животне средине и очувању природних ресурса. Генерално, коришћење ротације гајених биљака и покровних усјева представља од давнина познату и најбољу праксу одрживог управљања плодношћу земљишта (Reeves 2017).

4.4.3.2. Ограничења за примјену покровних усјева

Због слабе информисаности, недовољног истраживања у установама и асоцијацијама које би тиме требало да се баве, непостојања демонстрационих микроогледа и макроогледа, едукације произвођача итд., генерално – због недостатка знања, произвођачи врло мало знају о зеленом ђубриву и покровним усјевима. Примјена ових технологија у гајењу главних усјева, заштити и одржавању земљишта и животне средине у великој мјери је ограничена недостатком опреме за сјетву, прекидом вегетације и инкорпорирањем биомасе зеленог ђубрива и покровног усјева у земљиште. Пошто ове технологије захтијевају додатно улагање финансијских средстава – радна снага, заузимање земљишта усјевом који директно не доноси профит и набавка додатне механизације – произвођачи се нерадо упуштају у ову дугорочну инвестицију. Покровни усјев не доноси финансијску корист одмах након примјене, због чега у систему гајења представља додатно финансијско улагање, плаћање радне снаге и машина. Такође, уколико се покровни усјев одстрањује са парцеле након завршетка његове функције, биљна маса покровног усјева, нпр. луцерке, црвене дјетелине, траве из воћњака и сл., представља проблем ако на тржишту не постоји потражња за њом. Покровни усјеви могу бити алтернативни домаћини за инсекте и патогене ван сезоне. Неколико врста инсеката и патогена користи покровне усјеве за завршетак животног циклуса ван сезоне и тако представљају главне штеточине за сљедеће гајене усјеве (Lu et al. 2000). Коришћење покровних усјева некада није компатибилно са комерцијалним усјевима.

Набавка додатне опреме за гајење, његу и примјену покровних усјева спада у ограничења ширења ове технологије (Hoorman 2009). Ако нису благовремено уклоњени са обрадиве површине, постоји опасност да покровни усјеви, посебно нелегуминозни, поново никну, када представљају корове у комерцијалном усјеву (Singh et al. 2016).

4.4.4. Отпад биомасе као алтернативно ђубриво

Потреба за одрживим ђубрењем са минималним негативним утицајем на животну средину била је разлог изналажења алтернативних извора ђубрива за коришћење у пољопривреди, као што је обновљива сировина из отпада биомасе (Bhardwaj et al. 2014). Иако отпад биомасе садржи корисне хранљиве састојке, који се могу добро искористити у биљној производњи ако се њима правилно управља, његов већи дио одлаже се на депоније или спаљује због недостатка простора за складиштење. Отпад биомасе има висок проценат органске материје и, ако се из њега уклоне патогени микроорганизми, може се користити за ђубрење земљишта. Наравно, отпад биомасе не може се одмах примјењивати, као што је случај са минералним ђубривима, него се мора обавити његова минерализација. Вријеме минерализације зависи од састава органске материје, особина земљишта, влаге и температурних услова (Tejada et al. 2014). Примјена ових органских ђубрива зависи од трошкова конверзије, трошкова производње, квалитета органских ђубрива, процјене утицаја на животну средину и безбједности за људе и здравље животиња (Alfa et al. 2014). Употреба биођубрива има позитиван социоекономски и еколошки утицај преко пожељног доприноса на здравље и сигурност људи, квалитет хране и очување животне средине (Pavlova 2017).

Примјена ових органских ђубрива у циљу поправке земљишта може допринијети повећању производње хране уз истовремено минималне штете за животну средину. Органско ђубрење доприноси повећању приноса гајених биљака и смањењу загађења подземних вода, до чега долази употребом минералних ђубрива (Bhardwaj et al. 2014). Органска ђубрива имају позитиван ефекат на биоремедијацију земљишта загађених пестицидима и угљоводонцима (Margesin 2007). У циљу очувања животне средине и смањења отпада у њој, али и одржавања нивоа биљне производње и повећања приноса, развијају се интегрисане стратегије управљања хранљивим састојцима, као што је нпр. комбинација минералних и органских ђубрива (Selim 2020).

4.5. Закључак

Код нас има мало података о технологији зеленог ђубрења и покровних усјева, који би се могли примијенити у производној пракси. У свијету се овим питањем бави велики број истраживача, што се види и из проучене и цитиране литературе код писања овог текста. Изразито сезонски карактер биљне производње, гдје велики утицај имају локални агроколошки услови, указује на потребу покретања обимних примијењених истраживања у циљу изналажења одговарајућих модела за увођење ових технологија у ширу производну праксу у различитим агроколошким условима Републике Српске.

Зелено ђубрење и покровни усјеви коришћени су у пољопривредној пракси више од два миленијума, али су због хемизације пољопривреде скоро заборављени. Пошто је интензивна пољопривредна производња најчешћи разлог за губитак органске материје земљишта и погоршање његових особина, примјена органског и зеленог ђубрења намеће се као важна мјера у поправци нарушене плодности, односно побољшању његових физичких, хемијских и биолошких особина. Деградацији земљишта нарочито доприносе мјере прекомјерне хемизације, спаљивање жетвених остатака, неадекватна обрада, монокултура и узак плодоред. Овакав однос према земљишту посљедица је настојања да се остваре максимални приноси и профит, гдје се не води рачуна о очувању квалитета пољопривредног земљишта за будуће генерације.

Зелено ђубрење и гајење покровних усјева треба процјењивати са два аспекта: (1) утицај зеленог ђубрења и покровног усјева на подизање плодности и обогаћивање земљишта хранивима; заштита земљишта од ерозије; редукција корова, болести и штеточина; задржавање хранива у земљишту и спречавање испирања хранива, посебно азота и загађења подземних вода; повећање приноса наредног економског усјева; и (2) економске исплативости. Краткорочно, корист је често нижа од уложених средстава и рада, због чега потребу за зеленим ђубрењем и сјетвом покровних усјева треба размотрити за сваки конкретни случај, посебно анализирајући дугорочне ефекте и користи примјене ове технологије. Зеленим ђубрењем и уносом органских материја може се знатно повећати биогеност земљишта, као и његове структурне особине. Без обзира на то што је често активна материја из минералних ђубрива јефтинија од примјене зеленог ђубрења, мора се примјењивати сидерација, посебно легуминозних гајених биљака, због њеног позитивног ефекта на земљиште и животну средину у цјелини. У еколошкој производњи хране, сидерација, примјена стајњака и жетвених остатака, сјетва покровних усјева и унос органске материје у земљиште

морају бити редовне агротехничке мјере. Увођење покровних усјева у ширу производну праксу могло би значајно да утиче на повећање одрживости постојећих пољопривредних производних система.

Литература

- Agroklub. Lupina. <https://www.agroklub.rs/sortna-lista/krmno-bilje/lupina-56>
- Adekalu KO, Olorunfemi IA, Osunbitan JA (2007) Grass mulching effect on infiltration, surface runoff and soil loss of three agricultural soils in Nigeria. *Bioresource technology* 98(4):912–917
- Alfa M, Adie D, Igboro S, Oranusi U, Dahunsi S, Akali D (2014) Assessment of biofertilizer quality and health implications of anaerobic digestion effluent of cow dung and chicken droppings. *Renew Energy* 63:681–686
- An C, Cai M, Guy C (2020) Rural Sustainable Environmental Management. *Sustainability* 12:6688. doi.10.3390/su12166688
- Andreux F (1996) Chapter 2 - Humus in World Soils. *Humic Substances in Terrestrial Ecosystems*, pp 45-100
- Askegaard M, Eriksen J (2008) Residual effect and leaching of N and K in cropping systems with clover and ryegrass catch crops on a coarse sand. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 123:99–108
- Ashraf M, Mahmood T, Azam F, Qureshi RM (2004) Comparative effects of applying leguminous and non-leguminous green manures and inorganic N on biomass yield and nitrogen uptake in flooded rice (*Oryza sativa* L.). *Biol Fertil Soils* 40:147–152. doi:10.1007/s00374-004-0756-0
- Baligar VC, Fageria NK (2007) Agronomy and Physiology of Tropical Cover Crops *Journal of Plant Nutrition* 30(8):1287–1339. doi:10.1080/01904160701554997
- Baddeley JA, Pappa VA, Pristeri A, Bergkvist G, Monti M, Reckling M, Schläfke N, Watson CA (2017) Legume-based Green Manure Crops. In: Murphy-Bokern D, Stoddard FL, Watson CA (eds) *Legumes in Cropping Systems*. CAB International, pp 125–138
- Basche AD, Kaspar TC, Archontoulis SV, Jaynes DB, Sauer TJ, Parkin TB, Miguez FE (2016) Soil Water Improvements with the Long-Term Use of a Winter Rye Cover Crop. *Agricultural Water Management* 172:40–50. doi.org/10.1016/j.agwat.2016.04.006
- Belić M, Nešić Lj, Ćirić V (2014) *Praktikum iz pedologije*. Poljoprivredni fakultet Novi Sad
- Bergström LF, Jokela WE (2001) Ryegrass Cover Crop Effects on Nitrate Leaching in Spring Barley Fertilized with ¹⁵NH₄ ¹⁵NO₃. *Journal of Environmental Quality* 30:1659–1667 doi.org/10.2134/jeq2001.3051659x
- Becker M, Ladha JK, Ali M (1995) Green manure technology: potential, usage, and limitations. A case study for lowland rice. *Plant and Soil* 174:181–194

- Bilalis D, Karkanis A, Efthimiadou A (2015) Effects of two legume crops, for organic green manure, on weed flora, under mediterranean conditions: Competitive ability of five winter season weed species. *African Journal of Agricultural Research* 4(12)
- Billig J (2017) Effects of Cover Crop Treatments on Apple Trees. Theses and Dissertations. University of Arkansas, Fayetteville, pp 101.
<http://scholarworks.uark.edu/etd/1905>
- Biology Dictionary (2020) Legumes. www.biologyonline.com/dictionary/legumes
- Centar za uklanjanje mina u Bosni i Hercegovini BH MAC. (2014) www.bhma.org
- Blanco-Canqui H, Mikha MM, Presley DR, Claassen MM (2011) Addition of Cover Crops Enhances No-Till Potential for Improving Soil Physical Properties. *Soil Science Society of America Journal* 75:1471–1482.
doi.org/10.2136/sssaj2010.0430
- Blanco-Canqui H, Claassen M, Presley D (2012) Summer Cover Crops Fix Nitrogen, Increase Crop Yield, and Improve Soil-Crop Relationships. *Agronomy Journal* 104:137–147. doi.org/10.2134/agronj2011.0240
- Blanco-Canqui H, Shaver TM, Lindquist JL, Shapiro CA, Elmore RW, Francis CA, Hergert GW (2015) Cover Crops and Ecosystem Services: Insights from Studies in Temperate Soils. *Agron J* 107:2449–2474. [doi.10.2134/agronj15.0086](https://doi.org/10.2134/agronj15.0086)
- Blum WEH (2005) Functions of Soil for Society and the Environment. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology* 4:75–79
- Bowman G, Shirley C, Cramer G (2000) Benefits of cover crops. *Field Crops Research* 175:106–115
- Bremer E, Ellert BH, Janzen HH (1995) Total and light-fraction carbon dynamics during four decades after changes. *Soil Science of American Journal* 95:1398–1403
- Brozović B, Stipešević B, Jug D, Jug I, Đurđević B, Vukadinović V (2017) Potential of different cover crops for weed control in preceding period. In: Mijić P, Ranogajec Lj (eds) Proc 10th International scientific/professional conference Agriculture in nature and environment protection, Vukovar, Croatia, pp 119–123
- Brozović B, Jug D, Jug I, Đurđević B, Vukadinović V, Tadić V, Stipešević B (2018) Influence of Winter Cover Crops Incorporation on Weed Infestation in Popcorn Maize (*Zea mays everta* Sturt.) Organic Production. *Agriculturae Conspectus Scientifi cus* 83(1):77–81
- Bhardwaj D, Ansari MW, Sahoo RK, Tuteja N (2014) Biofertilizers function as key player in sustainable agriculture by improving soil fertility, plant tolerance and crop productivity. *Microb Cell Fact* 13:66. [doi.10.1186/1475-2859-13-66](https://doi.org/10.1186/1475-2859-13-66)
- Büchi L, Wendling M, Amossé C, Nécpalova M, Charles R (2018) Importance of cover crops in alleviating negative effects of reduced soil tillage and promoting soil fertility in a winter wheat cropping system. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 256:92–104

- Vesković M, Jovanović Ž, Jovin P, Tolimir M (2002) Održivost različitih sistema đubrenja u proizvodnju kukuruza. Zbornik naučnih radova Institut PKB 8:91–104
- Vukadinović VI, Vukadinović Ve (2011) Ishrana bilja. Poljoprivredni fakultet Osijek, pp 453
- Vukadinović VI, Vukadinović Ve (2016) Tlo, gnojidba i prinos – Što uspješan poljoprivrednik mora znati o tlu, usjevima, gnojdbi i tvorbi prinosa. Autorska naklada, e-knjiga, str 284. <http://tlo-i-biljka.eu/Gnojidba.html>
- Vukadinović VI, Vukadinović Ve (2018) Zemljišni resursi – vrednovanje poljoprivrednih zemljišnih resursa, e-knjiga, ISBN 978-95358897-1-7, str 197
- Gabriel JL, Garrido A, Quemada M (2013) Cover Crops Effect on Farm Benefits and Nitrate Leaching: Linking Economic and Environmental Analysis. *Agricultural Systems* 121:23–32 doi.org/10.1016/j.agsy.2013.06.004
- Galvez L, Douds D, Wagoner P, Longnecker L, Drinkwater L, Janke R (1995) An Overwintering Cover Crop Increases Inoculum of VAM Fungi in Agricultural Soil. *American Journal of Alternative Agriculture* 10:152-156. doi.org/10.1017/S0889189300006391
- Goldberg S, Criscenti LJ, Turner DR, Davis JA, Cantrell KJ (2007) Adsorption–Desorption Processes in Subsurface Reactive Transport Modeling. *Vadose Zone Journal* 6(3):407–435. doi.org/10.2136/vzj2006.0085
- Guido H, Heike B, Mirea PV (2007) Nitrogen from hairy vetch (*Vicia villosa* Roth) as winter green manure for white cabbage in organic horticulture. *Biological Agriculture and Horticulture* 25: 37–53
- Guldan SJ, Martin CA, Lindemann WC, Cueto-Wong J, Steiner RL (1997) Yield and green-manure benefits of interseeded legumes in a high-desert environment. *Agronomy Journal* 89:757–762
- Dabney SM, Delgado JA, Reeves DW (2001) Using winter cover crops to improve soil and water quality. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 32(7):1221–1250
- Davidson H, Meclenburg R, Peterson C (1988) *Nursery Management: Administration and Culture*. 2nd ed. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, pp 220
- Daniel J, Abaye A, Alley M, Adcock C, Maitland J (1999) Winter Annual Cover Crops in a Virginia No-Till Cotton Production System: II. Cover Crop and Tillage Effects on Soil Moisture, Cotton Yield, and Cotton Quality. *Journal of Cotton Science* 3:84–91
- De Baets S, Poesen J, Meersmans J, Serlet L (2011) Cover Crops and Their Erosion-Reducing Effects during Concentrated Flow Erosion. *Catena* 85:237–244. [doi.10.4236/ajps.2018.99140](https://doi.org/10.4236/ajps.2018.99140)
- De Oliveira RA, Brunetto G, Loss A, Gatiboni LC, Kürtz C, Müller Júnior V, Lovato PE, Oliveira BS, Souza M, Comin JJ (2016) Cover Crops Effects on Soil Chemical Properties and Onion Yield. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 40. doi.org/10.1590/18069657rbcs20150099

- De Cima DS, Tein B, Eremeev V, Luik A, Kauer K, Reintam E, Kahu G (2016) Winter cover crop effects on soil structural stability and microbiological activity in organic farming, *Biological Agriculture & Horticulture* 32(3):170–181. doi:10.1080/01448765.2015.1130646
- Delogua G, Cattivelli L, Pecchioni N, De Falcis D, Maggiore T, Stanca AM (1998) Uptake and agronomic efficiency of nitrogen in winter barley and winter wheat. *European Journal of Agronomy* 9:11–20
- Di H, Cameron K (2002) Nitrate Leaching in Temperate Agroecosystems: Sources, Factors and Mitigating Strategies. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 64:237–256. doi.org/10.1023/A:1021471531188
- Didier T, Philippe LG, Sonia H, Amar B, Claudia MC, Marielle DI, Jairo F (2012) Prospects of *Miscanthus x giganteus* for PAH phytoremediation: A microcosm study. *Industrial Crops and Products* 36(1):276–281
- Dindal DL (ed) (1990) *Soil Biology Guide*. John Wiley & Sons. ISBN: 978-0-471-04551-9. pp 1376
- Doran J, Smith M (1987) Organic Matter Management and Utilization of Soil and Fertilizer Nutrients. In: *Soil Fertility and Organic Matter as Critical Components of Production Systems*, Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, WI, pp 53–72
- Doran JW, Sarrantonio M, Liebig MA (1996) Soil health and sustainability. In: Donald LS (ed) *Advances in agronomy*, Academic Press, pp 54
- Drinkwater LE, Wagoner P, Sarrantonio M (1998) Legume-Based Cropping Systems Have Reduced Carbon and Nitrogen Losses. *Nature* 396:262–265. doi.org/10.1038/24376
- Dubikova M, Cambier P, Šucha V, Maria Čaplovičova M (2002) Experimental soil acidification. *Applied Geochemistry* 17:245–257
- Dunbar MW, O’Neal ME, Gassmann AJ (2016) Increased Risk of Insect Injury to Corn Following Rye Cover Crop. *Journal of Economic Entomology* 109(4):1691–1697. doi.org/10.1093/jee/tow101
- Durán-Lara E, Valderrama A, Marican A (2020) Natural Organic Compounds for Application in Organic Farming. *Agriculture* 10(41). doi:10.3390/agriculture10020041
- Đukić V, Miladinov Z, Dozet G, Tatić M, Cvijanović G, Cvijanović M, Marinković J (2018) Uticaj zaoravanja žetvenih ostataka na povećanje prinosa soje. XXIII Savetovanje o biotehnologiji, Agronomski fakultet, Čačak, Zbornik radova, str 39–44
- Edmeades DC (2003) The long-term effects of manures and fertilisers on soil productivity and quality: a review. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 66:165–180. doi.org/10.1023/A:1023999816690
- Edwards T, Howieson J, Nutt B (2019) A ley-farming system for marginal lands based upon a self-regenerating perennial pasture legume. *Agron Sustain De* 39(13). doi.org/10.1007/s13593-019-0558-2

- Eichler-Löbermann B, Gaj R, Schnug E (2009) Improvement of soil phosphorus availability by green fertilization with catch crops. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 40:70–81
- Erić P, Ćupina B, Mihailović V (2000) Green manuring: Past or future. *A periodical of scientific research on field and vegetable crops* 33:117–128
- Gava R, De Freitas PS, De Faria RT, Rezende R, Frizzone JA (2013) Soil water evaporation under densities of coverage with vegetable residue. *Engenharia Agrícola* 33(1): 89–98
- Закон о пољопривредном земљишту („Сл. гласник РС“, бр. 93/2006, 86/2007, 14/2010, 5/2012 и 58/2019 и „Сл. гласник БиХ“, бр. 16/2020 – одлука УС БиХ)
- Zhang G, Chan K, Li G, Huang G (2011) The effects of stubble retention and tillage practices on surface soil structure and hydraulic conductivity of a loess soil. *Acta Ecologica Sinica* 31(6):298–302
- Zahoor R, Dong H, Abid M, Zhao W, Wang Y, Zhou Z (2017) Potassium fertilizer improves drought stress alleviation potential in cotton by enhancing photosynthesis and carbohydrate metabolism. *Environ Exp Bot* 137:73–83
- Zdravković J, Mijatović M, Pavlović N, Ugrinović M, Adžić S (2012) Prvi koraci ka organskoj proizvodnji povrća. Institut za povrtarstvo, Smederevska Palanka i Ministarstvo poljoprivrede, šumarstva i vodoprivrede Republike Srbije, Beograd, str 1–89
- Znaor D (1996) Ekološka poljoprivreda, Nakladni zavod Globus, Zagreb
- Zhao X, Yuan G, Wang H, Lu D, Chen X, Zhou J (2019) Effects of Full Straw Incorporation on Soil Fertility and Crop Yield in Rice-Wheat Rotation for Silty Clay Loamy Cropland. *Agronomy* 9:133. doi.10.3390/agronomy9030133
- Idowu J, Grover K (2014) Principles of Cover Cropping for Arid and Semi-arid Farming Systems. NM State University, Guide A-150, pp 8
- Jakovljević M, Pantović M, Blagojević (1995) Praktikum iz hemije zemljišta i voda. Beograd, Poljoprivredni fakultet Zemun
- Јањић В, Митрић С, Марчић Д, Стевић М (2020) Заштита биљака и резистентност штетних организама. У: Јањић В, Пржуљ Н (уредници) Ограничења и изазови у биљној производњи. Академија наука и умјетности Републике Српске, Бања Лука, LXII:223–323
- Јаћимовић Г, Малешевић М, Богдановић Д, Маринковић В, Црнобарач Ј, Латковић Д, Аћин В (2009) Prinos pšenice u zavisnosti od dugogodišnjeg zaoravanja žetvenih ostataka. *Letopis naučnih radova, Poljoprivredni fakultet Novi Sad* 33:85–92
- Јаћимовић Г, Аћин В, Миросављевић М, Црнобарач Ј, Маринковић В, Латковић Д (2016) Long-term effects of straw incorporation and increasing doses of nitrogen on the wheat yield. VII International Scientific Agriculture Symposium “Agrosym 2016”, October 06 - 09, 2016, Jahorina, University of East Sarajevo, Faculty of Agriculture, B&H, Book of Proceedings 644–649
- Јаћимовић Г, Аћин В, Црнобарач Ј, Латковић Д, Мановљевић М (2017) Efekti zaoravanja žetvenih ostataka na prinos pšenice u dugotrajnom poljskom ogledu. *Letopis naučnih radova* 41(1):1–8

- Jaćimović G, Aćin V, Crnobarac J, Latković D, Visković J, Miroslavljević M, Brbaklić Lj (2018) Sortna specifičnost mineralne ishrane i efikasnosti NPK hraniva u formiranju prinosa ozime pšenice . *Letopis naučnih radova/Annals of agronomy* 42(2):9–20
- Jovović M, Govedarica Lučić A, Tešanović D, Tunguz V (2015) Influence of Salt and Osmotic Stress on Germination of Different Wheat Cultivars. *International Journal of Crop Science and Technology* 1(2)47–53
- Jug D, Jug I, Vukadinović V, Đurđević B, Stipešević B, Brozović B (2017) Konzervacijska obrada tla kao mjera ublažavanja klimatskih promjena. *Svučilište Josipa Jurja Strossmaxera u Osijeku, Poljoprivredni fakultet u Osijeku, HDPO, Osijek*
- Johnston AE, Poulton PR, Coleman K (2009) Soil organic matter: its importance in sustainable agriculture and carbon dioxide fluxes. *Advances in Agronomy* 101:1–57. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)00801-8](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)00801-8)
- Kabir Z (2005) Tillage or no-tillage: Impact on mycorrhizae. *Canadian Journal of Plant Science* 85(1) doi.org/10.4141/P03-160
- Karlen DL, Mausbach MJ, Doran JW, Cline RG, Harris RF, Schuman GE (1997) Soil Quality: A Concept, Definition, and Framework for Evaluation (A Guest Editorial). *Soil Science Society of America Journal* 64(4) pp 10
- Kaspar T, Parkin T, Jaynes D, Cambardella C, Meek D, Jung Y (2006) Examining Changes in Soil Organic Carbon with Oat and Rye Cover Crops Using Terrain Covariates. *Soil Science Society of America Journal* 70:1168–1177. doi.org/10.2136/sssaj2005.0095
- Kaspar TC, Jaynes DB, Parkin TB, Moorman TB (2007) Rye Cover Crop and Gamagrass Strip Effects on NO Concentration and Load in Tile Drainage. *Journal of environmental quality* 36(5):1503–1511
- Kaspar T, Jaynes D, Parkin T, Moorman T, Singer J (2012) Effectiveness of Oat and Rye Cover Crops in Reducing Nitrate Losses in Drainage Water. *Agricultural Water Management* 110:25–33. doi.org/10.1016/j.agwat.2012.03.010
- Kastori R (1983) *Uloga elemenata u ishrani biljaka*. Matica Srpska, Novi Sad, pp 350
- Kastori R. (1990) *Neophodni mikroelementi: fiziološka uloga i značaj u biljnoj proizvodnji*. Naučna knjiga, Beograd, pp 267
- Kastori R, Maksimović I (2008) *Ishrana biljaka*. Vojvođanska akademija nauka i umetnosti, Novi Sad, pp 237
- Kastori R, Tešić M (2006) *Ekološki aspekti primene žetvenih ostataka njivskih biljaka kao alternativnog goriva*. Zbornik radova, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad 42:3–13
- Kaul A, Kaur P, Choudhary AK, Sepat C, Dass A (2015) Importance of Green Manuring in Sustainable Agriculture. *Popular Kheti* 3(2)8–12
- Kaye JP, Quemada M (2017) Using cover crops to mitigate and adapt to climate change. A review. *Agron Sustain Dev* 37:4. [doi.10.1007/s13593-016-0410-x](https://doi.org/10.1007/s13593-016-0410-x)
- Korucu T, Shipitalo MJ, Kaspar TC (2018) Rye Cover Crop Increases Earthworm Populations and Reduces Losses of Broadcast, Fall-Applied, Fertilizers in

- Surface Runoff. *Soil and Tillage Research* 180:99–106.
doi.org/10.1016/j.still.2018.03.004
- Kramberger B, Gselman A, Janzekovic M, Kaligarić M, Bracko B (2009) Effects of covercrops on soil mineral nitrogen and on the yield and nitrogen content of maize. *European Journal of Agronomy* 31:103–109
- Kruidhof HM, Bastiaans L, Kropff MJ (2008) Ecological weed management by cover cropping: effects on weed growth in autumn and weed establishment in spring. *Weed Research* 48(6):492–502
- Krüger O, Adam C (2017) Phosphorus in recycling fertilizers-analytical challenges. *Environ Res* 155:353–358
- Kumar K, Goh KM (2002) Management practices of antecedent leguminous and non-leguminous crop residues in relation to winter wheat yields, nitrogen uptake, soil nitrogen mineralization and simple nitrogen balance. *European Journal of Agronomy* 16:295–308
- Kurt ET, Kersebaum C, Ausseil A-G, Cichota R, Guo J, Johnstone P, George M, Liu J, Malcolm B, Khaembah E, Meiyalaghan S, Richards K, Zyskowski R, Michel A, Sood A, Tait A, Ewert F (2021) Understanding spatial and temporal variability of N leaching reduction by winter cover crops under climate change. *Science of the Total Environment*, Available online 27 January 2021, 144770
- Ladha J, Khind C, Gupta R, Meelu O, Pasuquin E (2004) Long-Term Effects of Organic Inputs on Yield and Soil Fertility in the Rice-Wheat Rotation. *Soil Science Society of America Journal* 68:845–853
- Lal R (2004) Soil Carbon Sequestration to Mitigate Climate Change. *Geoderma* 123:1–22. doi.org/10.1016/j.geoderma.2004.01.032
- Landry E, Janovicek K, Lee EA, Deen W (2019) Winter Cereal Cover Crops for Spring Forage in Temperate Climates. *Agron J* 111:1–7.
doi:10.2134/agronj2018.03.0214
- Larkin RP, Honeycutt CW, Olanya OM, Halloran JM, He Z (2012) Impacts of Crop Rotation and Irrigation on Soilborne Diseases and Soil Microbial Communities. In: He Z, Larkin R, Honeycutt W (eds) *Sustainable Potato Production: Global Case Studies*. Springer, Dordrecht pp 23–41 doi.org/10.1007/978-94-007-4104-1_2
- Larsen KS, Andresen LC, Beier C, Jonasson S, Albert KR, Ambus P, Arndal MF, Carter MS, Christensen S, Holmstrup M, Ibrom A, Kongstad J, Van der Linden L, Maraldo K, Michelsen A, Mikkelsen TN, Pilegaard K, Prieme A, Ro-Poulsen H, Selsted MB, Stevnbak K (2011) Reduced N cycling in response to elevated CO₂, warming, and drought in a Danish heathland: synthesizing results of the CLIMATE project after two years of treatments. *Global Change Biology* 17(5):1884–1899
- Latković D, Marinković B, Crnobarac J, Berenji J, Sikora V, Jaćimović G (2015) Long-term effects of incorporation of crop residues and increasing doses of nitrogen on the maize yield. *Sixth International Scientific Agricultural Symposium*

- “Agrosym 2015”, October 15-18, 2015, Jahorina, Republic of Srpska, Bosnia and Herzegovina. Book of proceedings 395–400
- Lawley YE, Weil RR, Teasdale JR (2011) Forage radish cover crop suppresses winter annual weeds in fall and before corn planting. *Agronomy journal* 103(1):137–144
- Lemon–Ortega A, Sayre KD, Francis CA (2000) Wheat and maize yields in response to straw management and nitrogen under a bed planting system. *Agron J* 92:295–302
- Li F, Wang Z, Dai J (2015) Fate of nitrogen from green manure, straw, and fertilizer applied to wheat under different summer fallow management strategies in dryland. *Biol Fertil Soils* 51:769–780. doi.org/10.1007/s00374-015-1023-2
- Liedgens L, Frossard E, Richner W (2004) Interactions of maize and Italian ryegrass in a living mulch system: (2) Nitrogen and water dynamics. *Plant and Soil* 259:243–258
- Liebman M, Dyck EA (1993) Crop rotation and intercropping strategies for weed management. *Ecological Applications* 3:92–122
- Liebman M, Graef RL, Nettleton D, Cambardella CA (2012) Use of legume green manures as nitrogen sources for corn production. *Renewable Agriculture and Food Systems* 27:180–191. doi.10.1017/ S1742170511000299
- Lu F (2015) How can straw incorporation management impact on soil carbon storage? A meta-analysis. *Mitig Adapt Strateg Glob Change* 20:1545–1568. doi.org/10.1007/s11027-014-9564-5
- Lu Y-C, Watkins KB, Teasdale JR, Abdul-Baki AA (2000) Cover Crops in Sustainable Food Production. *Food Reviews International* 16:121–157. doi.org/10.1081/FRI-100100285
- Lupwayi NZ, Clayton GW, Odonovan JT, Harker KN, KTTurkington, Rice WA (2004) Decomposition of crop residues under conventional and zero tillage. *Canadian Journal of Soil Science* 84:4. doi.org/10.4141/S03-082
- Maarten JM, Christenhusz, Byng JW (2020) The number of known plants species in the world and its annual increase. *Phytotaxa* 261(3):201217 www.biotaxa.org/Phytotaxa/article/view/phytotaxa.261.3.1/20598
- Maiksteniene S, Arlauskiene A (2004) Effect of preceding crops and green manure on the fertility of clay loam soil. *Agronomy Research* 2:87–97
- Maitra C, Zaman A, Mandal TK, Palai JB (2018) Green manures in agriculture: A review. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 7(5):1319–1327
- Malik MS, Norsworthy JK, Culpepper AS, Riley MB, Bridges WJ (2008) Use of wild radish (*Raphanus raphanistrum*) and rye cover crops for weed suppression in sweet corn. *Weed Sci* 56:588–595
- Malone RW, Jaynes DB, Kaspar TC, Thorp KR, Kladvko E, Ma L, James DE, Singer J, Morin XK, Searchinger T (2014) Cover crops in the upper midwestern United States: Simulated effect on nitrate leaching with artificial drainage. *Journal of soil and water conservation* 69(4):292–305

- Manojlović M (2008) Primena đubriva u organskoj poljoprivredi. U: Manojlović M (ur) Đubrenje u održivoj poljoprivredi. Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, str 168–186
- Manojlović M, Aćin V, Šeremešić S (2008) Long-term effects of agronomic practices on the soil organic carbon sequestration in Chernozem. Archives of Agronomy and Soil Science 54(4):353–367
- Margesin R, Hämmerle M, Tschierko D (2007) Microbial Activity and Community Composition during Bioremediation of Diesel-Oil-Contaminated Soil: Effects of Hydrocarbon Concentration, Fertilizers, and Incubation Time. Microb Ecol 53:259–269. doi.org/10.1007/s00248-006-9136-7
- Marianne S (1994) Northeast Cover Crop Handbook. Rodale Institute, Emmaus, Pennsylvania, pp 118
- Martinez L, Soti P, Kaur J, Racelis A, Kariyat RR (2020) Impact of Cover Crops on Insect Community Dynamics in Organic Farming. Agriculture (10):209. doi:10.3390/agriculture10060209
- Marshall CB, Lynch DH (2018) No-Till Green Manure Termination Influences Soil Organic Carbon Distribution and Dynamics. Agronomy Journal 110(5). doi:10.2134/agronj2018.01.0063
- Мартиновић Т (2014) Утицај биофertilизатора на садржај лабилне органске материје након жетве пшенице. Мастер рад, Универзитет у Новом Саду, Пољопривредни факултет, стр 41
- Masilionyte L, Maiksteniene S, Kriauciuniene Z, Jablonskyte-Rasce D, Zou L, Sarauskis E (2017) Effect of Cover Crops in Smothering Weeds and Volunteer Plants in Alternative Farming Systems. Crop Protection 91:74–81. doi.org/10.1016/j.cropro.2016.09.016
- Meisinger J, Delgado J (2002) Principles for Managing Nitrogen Leaching. Journal of Soil and Water Conservation 57:485–498
- Metting FB (ed) (1993) Soil Microbial Ecology – Applications in Agricultural and Environmental Management, pp 646
- Moncada K, Sheaffer C (2010) Winter Cover Crops. In: Moncada KM, Sheaffe CC (eds), Risk Management Guide for Organic Producers, pp 244
- Mohammadi GR (2009) The effects of legumes as living mulches on weed control and plant traits of corn (*Zea mays* L.). Korean Journal of Weed Science 29:222–228
- McLeod E (1982) Feed the Soil. Organic Agriculture Research Institute, Graton, California, pp 209
- McCracken DV, Smith MS, Grove JH, Blevins RL, MacKown CT (1994) Nitrate Leaching as Influenced by Cover Cropping and Nitrogen Source. Soil Science Society of America Journal 58:1476–1483. doi.org/10.2136/sssaj1994.03615995005800050029x
- Обрадовић Д (2010) Значај медицинско-географских фактора у планирању и заштити простора у Србији. Докторска дисертација, Универзитет у Београду – Географски факултет, Београд

- Olesen JE, Hansen EM, Askegaard M, Rasmussen IA (2007) The value of catch crops and organic manures for spring barley in organic arable farming. *Field Crops Research* 100:168–178
- Olesen JE, Askegaard M, Rasmussen IA (2009) Winter cereal yields as affected by animal manure and green manure in organic arable farming. *European Journal of Agronomy* 30:119–128
- Oliveira MC, Butts L, Werle R (2019) Assessment of Cover Crop Management Strategies in Nebraska, US. *Agriculture* 9:124. doi:10.3390/agriculture9060124
- Olson KR, Al-Kaisi M, Lal R, Lowery B (2014) Examining the Paired Comparison Method Approach for Determining Soil Organic Carbon Sequestration Rates. *Journal of Soil and Water Conservation* 69:193A–197A
- Orlando E (2013) The Evolution of EU Policy and Law in the Environmental Field: Achievements and Current Challenges. The Transatlantic Relationship and the future Global Governance, Working paper 21, pp 1-23, ISSN 2281-5252
- Pavlova M (2017) Effects of residual biomass use in agriculture. *Trakia Journal of Sciences* 15(1):330–337. doi:10.15547/tjs.2017.s.01.058
- Parlak M, Ozaslan Parlak A (2010) Measurement of splash erosion in different cover crops. *Turkish journal of field crops* 15(2):169–173
- Parniske M (2008) Arbuscular mycorrhiza: the mother of plant root endosymbioses. *Nature Reviews Microbiology* 6(10):763–775
- Patrick W, Haddon C, Hendrix J (1957) The Effect of Longtime Use of Winter Cover Crops on Certain Physical Properties of Commerce Loam. *Soil Science Society of America Journal* 21:366–368. doi.org/10.2136/sssaj1957.03615995002100040004x
- Pilipavičius V, Aliukonienė I, Romaneckas K (2010) Chemical Weed Control in Winter Wheat (*Triticum aestivum* L.) Crop of Early Stages of Development: I. Crop Weediness. *Journal of Food, Agriculture & Environment* 8:206–209
- Petrović B, Đurić S, Vasić M, Tunguz V, Pokluda R (2018) Effect of Bean Cultivars on Soil Microorganisms, *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, Mendel University in Brno, Czech Republic, 66(1): 155–160
- Pivot – transition to organic grains (2020) Green Manure Toolkit. Monthly Newsletter with the Latest Organic News, Resources, and Tools. <https://www.pivotandgrow.com/>
- Poepplau C, Don A, Vesterdal L, Leifeld J, Van Wesemael B, Schumacher J, Gensior A (2011) Temporal Dynamics of Soil Organic Carbon after Land-Use Change in the Temperate Zone–Carbon Response Functions as a Model Approach. *Global Change Biology* 17:2415–2427. doi.org/10.1111/j.1365-2486.2011.02408.x
- Powlson DS, Riche AB, Coleman K, Glendining MJ, Whitmore AP (2008) Carbon sequestration in European soils through straw incorporation: Limitations and alternatives. *Waste Management* 28(4):741–746
- Pracházková B, Málek J, Dovrtěl J (2002) Effect of different straw management practices on yields of continuous spring barley. *Rostlinná Výroba* 48(1):27–32

- Pržulj N, Momčilović V (2001) Akumulacija suve materije i azota kod jarog ječma. *Arhiv za poljoprivredne nauke* 62(216–217):57–73
- Pržulj N, Momčilović V (2001a) Genetic variation for dry matter and nitrogen accumulation and translocation in two-rowed spring barley. I. Dry matter translocation. *European Journal of Agronomy* 15:241–254
- Pržulj N, Momčilović V (2001b) Genetic variation for dry matter and nitrogen accumulation and translocation in two-rowed spring barley. II. Nitrogen translocation. *European Journal of Agronomy* 15:255–265
- Pržulj N, Momčilović V (2003) Dry matter and nitrogen accumulation and use in spring barley. *Plant, Soil and Environment* 49(1):36–47
- Pržulj N, Momčilović V (2012) Spring barley performances in the Pannonian zone. *Genetika* 44:449–512
- Пржуљ Н (2015) Упоредни значај оплемењивања и генетичког инжењерства у производњи хране. Научни скуп Генетички модификовани организми. Академија наука и умјетности Републике Српске, Бања Лука, стр 133-150
- Pržulj N, Miroslavljević M, Čanak P, Zorić M, Boćanski J (2015) Evaluation of Spring Barley Performance by Biplot Analysis. *Cereal Research Communication* 43:692–703. doi:10.1556/0806.43.2015.018
- Pržulj N, Jovović Z, Velimirović A (2020) Breeding small grain cereals for drought tolerance in a changing climate. *Agriculture and Forestry*, 66(2):109–123
- Pulse Canada (2020) What is a Pulse? www.pulsecanada.com/about-pulse-canada/what-is-a-pulse/
- Phatak SC (1992) An Integrated Sustainable Vegetable Production System. *HortScience* 27:738–741
- Phatak SC, Díaz-Pérez J (1998) Managing Pests with Cover Crops. *Managing Cover Crops Profitably*. Sustainable Agriculture Publications, Burlington, VT, pp 25–33
- Poffenbarger HJ, Mirsky SB, Weil RR, Maul JE, Kramer M, Spargo JT, Cavigelli MA (2015) Biomass and Nitrogen Content of Hairy Vetch–Cereal Rye Cover Crop Mixtures as Influenced by Species Proportions. *Agron J* 107:2069–2082. doi:10.2134/agronj14.0462
- Pypers P, Bimponda W, Lodi-Lama J-P, Lele B, Mulumba R, Kachaka C, Boeckx P, Merckx R, Vanlauwe B (2012) Combining Mineral Fertilizer and Green Manure for Increased, Profitable Cassava Production. *Agronomy* 104(1):178–187
- Qi Z, Helmers MJ (2010) Soil Water Dynamics under Winter Rye Cover Crop in Central Iowa. *Vadose Zone Journal* 9(1):53–60. doi.org/10.2136/vzj2008.0163
- Rajković M, Stojanović M, Glamočlija Đ, Tošković D, Miletić V, Stefanović V, Lačnjevac Č (2012) Wheat Samples and Heavy Metals. *Journal of Engineering & Processing Management* 4(1):85–126
- Ramírez-García J, Carrillo JM, Ruiz M, Alonso-Ayuso M, Quemada M (2015) Multicriteria decision analysis applied to cover crop species and cultivars selection. *Field Crops Research* 175:106–115
- Rao EVSP, Puttanna K (2000) Nitrates, agriculture and environment. *Current science* 79(9):1163–1168

- Reddy KN, Koger CH (2004) Live and killed hairy vetch cover crop effects on weeds and yield in glyphosate-resistant corn. *Weed Technology* 18:835–840
- Reddy PP (2016) Cover/Green Manure Crops. In: *Sustainable Intensification of Crop Production*, Springer, Singapore, pp 55–67. doi.org/10.1007/978-981-10-2702-4_4
- Reeves D (2017) Cover Crops and Rotations. In: *Crops Residue Management*, CRC Press, Boca Raton, pp 125–172
- Ren B (2019) Nitrogen-fixing bacteria talk to soybean roots via tiny RNAs, suggesting new avenue to improve yields. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 117(38):23823–23834
- Републички завод за статистику Републике Српске (2020) Пољопривреда и рибарство, Пољопривредне површине према категоријама коришћења земљишта
- Rillig MC, Mummey DL (2006) Mycorrhizas and soil structure. *New Phytologist* 171(1):41–53
- Roarty S, Hackett RA, Schmidt O (2017) Earthworm Populations in Twelve Cover Crop and Weed Management Combinations. *Applied Soil Ecology* 114:142–151 doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.02.001
- Sainju UM, Singh BP, Whitehead WF, Wang S (2006) Carbon Supply and Storage in Tilled and Nontilled Soils as Influenced by Cover Crops and Nitrogen Fertilization. *Journal of Environmental Quality* 35:1507–1517. doi.org/10.2134/jeq2005.0189
- Sarrantonio M (1989) Selecting the Best Cover Crops for Your Farm. In: *Managing Cover Crops Profitably*, pp 12–15
- Sekulić P, Gavrić M, Hansman Š (2000) Informacioni sistem o zemljištu. *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo* 33:5–12
- Selim MM (2020) Introduction to the Integrated Nutrient Management Strategies and Their Contribution to Yield and Soil Properties. *International Journal of Agronomy* Volume ID 2821678. https:// doi.org/10.1155/2020/2821678
- Singh A, Kang J, Singh H (2016) Growth and Development of Baby Corn (*Zea mays* L.) as Influenced by Non-Leguminous Forage Cover Crops and Their Spell of Chopping under Conservation Agriculture. *Research on Crops* 17:679–684. doi.org/10.5958/2348-7542.2016.00114.5
- Singh BP, Rengel Z (2007) The Role of Crop Residues in Improving Soil Fertility. In: Marschner P, Rengel Z (eds.) *Nutrient Cycling in Terrestrial Ecosystems. Soil Biology*, Volume 10, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp 183–214
- Skora Neto F, Campos AC (2004) Zero tillage without herbicides: Results with farmers researchers at the central-southern region of the State of Paraná. In: Cury B, Canalli LB (eds) *Proceedings of the II World Congress on Conservation Agriculture*, August 11–15, pp 543–545
- Smith MS, Frye WW, Varco JJ (1987) Legume Winter Cover Crops. In: Stewart BA (ed) *Advances in Soil Science* 7:95–139. Springer, New York, doi.org/10.1007/978-1-4612-4790-6_3

- Snapp SS, Swinton SM, Labarta R, Mutch D, Black JR, Leep R, Nyiraneza J, O'Neil K (2005) Evaluating Cover Crops for Benefits, Costs and Performance within Cropping System Niches. *Agronomy Journal* 97:322–332.
doi.org/10.2134/agronj2005.0322a
- Sormunen-Cristian R, Taponen S, Saastamoinen I (2008) Yellow-flowered lucerne: properties and influence on performance and reproduction of ewes. *Agricultural and Food Science* 7(4):437–446
- Soti PG, Rugg S, Racelis A (2016) Potential of Cover Crops in Promoting Mycorrhizal Diversity and Soil Quality in Organic Farms. *Journal of Agricultural Science* 8(8):42–47
- Stevanović D (2012) Kontrola plodnosti zemljišta u funkciji unapređenja biljne proizvodnje i zaštite životne sredine.
<http://victorialogistic.com/poljoprivreda/kontrola-plodnosti-zemljista-u-funkciji-unapredenja-biljne-proizvodnje-i-zastite>
- Steele M, Coale F, Hill R (2012) Winter Annual Cover Crop Impacts on No-Till Soil Physical Properties and Organic Matter. *Soil Science Society of America Journal* 76:2164–2173. doi.org/10.2136/sssaj2012.0008
- Sullivan PG (1990) Rye and Vetch Intercrops for Reducing Corn N Fertilizer Requirements and Providing Ground Cover in the MidAtlantic Region. PhD dissertation, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg, Virginia, pp 149
- Sullivan P (2003) Overview of Cover Crops and Green Manures. *ATTRA*, pp 1–16.
doi.attra.ncat.org/attra-pub/PDF/covercrop.pdf
- Sumner ME, Fey MV, Noble AD (1991) Nutrient Status and Toxicity Problems in Acid Soils. In: Ulrich B, Sumner ME (eds) *Soil Acidity*. Springer, Berlin, Heidelberg.
https://doi.org/10.1007/978-3-642-74442-6_7
- Sharma P, Shukla MK, Sammis TW, Steiner RL, Mexal JG (2012) Nitrate-Nitrogen Leaching from Three Specialty Crops of New Mexico under Furrow Irrigation System. *Agricultural Water Management* 109:71–80.
doi.org/10.1016/j.agwat.2012.02.008
- Sharma P, Singh A, Kahlon CS, Brar AS, Grover KK, Dia M, Steiner RL (2018) The Role of Cover Crops towards Sustainable Soil Health and Agriculture—A Review Paper. *American Journal of Plant Sciences* 9:1935–1951.
doi.www.scirp.org/journal/ajps
- Shah S, Hookway S, Pullen H, Clarke T, Wilkinson S, Reeve V Fletcher JM (2017) The role of cover crops in reducing nitrate leaching and increasing soil organic matter. *Aspects of Applied Biology* 134:243–252
- Shekoofa A, Safikhan S, Raper TB, Butler SA (2020) Allelopathic Impacts of Cover Crop Species and Termination Timing on Cotton Germination and Seedling Growth. *Agronomy* 10:638. doi.10.3390/agronomy10050638
- Spalević V, Ćurović M, Barović G, Vujačić D, Tunguz V, Đurović N (2015) Soil erosion in the river basin of Provala, Montenegro. *Agriculture and Forestry* 61(4):133–143

- Swanton C, Weaver S, Cowan P, Acker RV, Deen W, Shreshta A (1999) Weed Thresholds: Theory and Applicability. *Journal of Crop Production* 2:9–29. doi.org/10.1300/J144v02n01_02
- Talgre T, Lauringson E, Roostalu H, Astover A, Makke A (2012) Green manure as a nutrient source for succeeding crops. *Plant Soil Environ* 58(6):275–281
- Teasdale JR, Brandsaeter LO, Calegari A, Neto FS, Upadhyaya MK, Blackshaw RE (2007a) Cover crops and weed management. In: Upadhyaya MK, Blackshaw RE (eds) *Non-chemical Weed Management: Principles, Concepts and Technology*. CAB International: Cambridge, MA, USA, pp 49–64
- Teasdale JR, Brandsæter LO, Calegari A, Skora Neto F (2007b) Cover Crops and Weed Management. Source: OAI, pp 49–64
- Teit R (1990) *Soil Organic Matter Biological and Ecological Effects*. Wiley, New-York, pp 395
- Tejada M, Gómez I, Fernández-Boy E, Díaz M-J (2014) Effects of sewage sludge and *Acacia dealbata* composts on soil biochemical and chemical properties. *Commun Soil Sci Plant Anal* 45:570–580
- Tonitto C, David M, Drinkwater L (2006) Replacing Bare Fallows with Cover Crops in Fertilizer-Intensive Cropping Systems: A Meta-Analysis of Crop Yield and N Dynamics. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 112:58–72. doi.org/10.1016/j.agee.2005.07.003
- Tosti G, Benincasa P, Farneselli M, Tei F, Guiducci M (2014) Barley-Hairy Vetch Mixture as Cover Crop for Green Manuring and the Mitigation of N Leaching Risk. *European Journal of Agronomy* 54:34–39. https://doi.org/10.1016/j.eja.2013.11.012
- Tóth G, Stolbovoy V, Montanarella L (2007) Soil quality and sustainability evaluation, An integrated approach to support soil-related policies of the European Union. A JRC position paper, pp 40
- Tripathy B, Raha S (2019) Formation Of Soil. *Thematics Journal of Geography* 8(8)144-150
- Tunguz V, Ninkov J, Pavlović L (2016a) Cadmium in soils of Bosnia and Herzegovina. *Proceedings of the International Conference Contaminated sites*, 12–13 September 2016, Slovakia, pp 230–232
- Tunguz V, Petronić S, Kulina M, Bošković I, Bratić N, Petrović B (2016b) Recultivation of landfills, Bosnia and Herzegovina. *Proceedings of the International Conference Sustainability of Mineral Resources and the Environment*, 21-22 November 2016, Bratislava, Slovakia, pp 88–91
- Tunguz V, Miseckaitė O, Šunjka D (2016c) The total content of cadmium in dumps. *Proceedings of the International Conference Sustainability of Mineral Resources and the Environment*, 21-22 November 2016, Bratislava, Slovakia, pp 84–87
- Tunguz V, Nešić LJ, Vasin J (2016d) Soils of Eastern Herzegovina and WRB classification system. *Proceedings of the VII International Scientific Agriculture*

- Symposium "Agrosym 2016", October 06 - 09, 2016, Jahorina, Bosnia and Herzegovina, pp 1836–1842
- Tunguz V, Nešić LJ, Jovović M (2017) Soils of Bosnia and Herzegovina and WRB classification system. *International Journal of Recent Research in Arts and Sciences* 8:84–92 (Skopje, Republic of Macedonia)
- Tunguz V, Petrović B, Malešević Z, Petronić S (2019) Soil And Radionuclides Of Eastern Herzegovina. *Archives for Technical Sciences* 20:87–92
- Тунгуз В (2020) Аутоморфна земљишта источне Херцеговине. Монографија, Пољопривредни факултет, Универзитет у Источном Сарајеву, стр 168
- Turmel M-S, Speratti A, Baudron F, Verhulst N, Govaerts B (2015) Crop Residue Management and Soil Health: A Systems Analysis. *Agricultural Systems* 134:6–16. doi.org/10.1016/j.agsy.2014.05.009
- Thorup-Kristensen K, Magid J, Jensen L S. (2003) Catch crops and green manures as biological tools in nitrogen management in temperate zones. *Advances in Agronomy* 79:227–302
- Thomas M, Bompard P, Giuliano S (2019) Green manure: Definition. *Dictionnaire d'Agroecologie*. <http://dicoagroecologie.fr/en/encyclopedia/green-manure/>
- Fageria NK, Baligar VC, Bailey BA (2007) Role of Cover Crops in Improving Soil and Row Crop Productivity. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 36(19–20):2733–2757. doi:10.1080/00103620500303939
- Ugrenović V, Ugrinović M, Filipović V (2014) Pokrovni usevi – ostvarenje održivosti u sistemima ekološke poljoprivrede. *Organska proizvodnja i biodiverzitet IV*:1–15
- Fageria NK (2007a) Soil Fertility and Plant Nutrition Research Under Field Conditions: Basic Principles and Methodology. *Journal of Plant Nutrition* 30(2):203–223. doi.10.1080/01904160601117887
- Fageria NK (2007b) Green Manuring in Crop Production, *Journal of Plant Nutrition* 30(5):691–719. doi:10.1080/01904160701289529
- Ferreira E, Stone LF, Didonet AD (2015) Green Manure Species and Sowing Time Effects on the Agronomic Performance of Common Bean. *Agronomy Journal* 105(6):1721–1727. doi.10.2134/agronj2012.0478
- Filipović V, Jevđović R, Dimitrijević S, Marković T, Grbić J (2012) Uticaj primene organskih malčeva na agrofizičke osobine i prinos korena mrkve. *Matières médicales / Lekovite sirovine* 32:37–46
- Филиповић Д, Обрадовић-Арсид Д (2014) Квалитет земљишта у Републици Србији и здравствено стање становништва. *Зборник радова – Географски факултет Универзитета у Београду* 62:39–60
- Finney DM, White CM, Kaye JP (2016) Biomass Production and Carbon/Nitrogen Ratio Influence Ecosystem Services from Cover Crop Mixtures. *Agron J* 108:39–52
- Folorunso O, Rolston D, Prichard T, Loui D (1992) Soil Surface Strength and Infiltration Rate as Affected by Winter Cover Crops. *Soil Technology* 5:189–197. doi.org/10.1016/0933-3630(92)90021-R

- Fontaine S, Barot S, Barré P, Bdioui N, Mary B, Rumpel C (2007) Stability of organic carbon in deep soil layers controlled by fresh carbon supply. *Nature* 450:277–280. doi.org/10.1038/nature06275
- Freyer B (2003) Crop Rotation. Eugen Ulmer GmbH & Co, Stuttgart
- Hansen B, Fjelsted AH, Kristensen ES (2001) Approches to access the environmental impact of organic farming with particular regard to Denmark. *Agriculture, Ecosystem and Environment* 83:11–26
- Hartwig NL, Ammon HU (2002) Cover crops and living mulches. *Weed Science* 50:688–699
- Haruna SI, Nkongolo NV (2015) Cover Crop Management Effects on Soil Physical and Biological Properties. *Procedia Environmental Sciences* 29:13–14. doi.org/10.1016/j.proenv.2015.07.130
- Haruna SI, Anderson SH, Udawatta RP, Gantzer CJ, Phillips NC, Cui S, Gao Y (2020) Improving soil physical properties through the use of cover crops: A review. *Agrosystems, Geosciences & Environment* 3(1):1–18 doi.org/10.1002/agg2.20105
- Henderson CWL (1989) Lupine as a biological plough: Evidence for and effects on wheat growth and yield. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 29:99–102
- Hoorman JJ (2009) Using Cover Crops to Improve Soil and Water Quality. Agriculture and Natural Resources. The Ohio State University, Columbus, OH
- Hoyt GD (1987) Legumes as a green manure in conservation tillage. In: Powers JF (ed) *The Role of Legumes in Conservation Tillage Systems*. Soil Conservation Society of America, Ankeny, Iowa pp 96–98
- Hubbard RK, Strickland TC, Phatak S (2013) Effects of Cover Crop Systems on Soil Physical Properties and Carbon/Nitrogen Relationships in the Coastal Plain of Southeastern USA. *Soil and Tillage Research* 126:276–283
- Hulugalle N (1988) Effect of Cover Crop on Soil Physical and Chemical Properties of an Alfisol in the Sudan Savannah of Burkina Faso. *Arid Soil Research and Rehabilitation* 2:251–267. doi.org/10.1080/15324988809381179
- Camargo GG, Ryan MR, Richard TL (2013) Energy Use and Greenhouse Gas Emissions from Crop Production Using the Farm Energy Analysis Tool. *BioScience* 63:263–273. doi.org/10.1525/bio.2013.63.4.6
- Caporalli F, Campiglia E, Mancinelli R, Paolini R (2004) Maize Performances as Influenced by Winter Cover Crop Green Manuring. *Ital J Agron* 1:37–45
- Clark A (2008) *Managing Cover Crops Profitably*. Diane Publishing, Collingdale, PA
- Couëdel A, Alletto L, Tribouillois H, Justes É (2018) Cover crop crucifer-legume mixtures provide effective nitrate catch crop and nitrogen green manure ecosystem services. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 254:50–59
- Creamer NG, Baldwin KR (2000) An Evaluation of Summer Cover Crops for Use in Vegetable Production Systems in North Carolina. *HortScience* 35:600–603
- Chen G, Weil RR (2010) Penetration of cover crop roots through compacted soils. *Plant and Soil* 331(1-2):31–43

- Chen H, Li X, Hu F, Shi W (2013) Soil nitrous oxide emissions following crop residue addition: a meta-analysis. *Global Change Biology* 19(10):2956–64. doi: 10.1111/gcb.12274
- Cherr CM, Scholberg JMS, McSorley R (2006) Green Manure Approaches to Crop Production: A Synthesis. *Agronomy Journal* 98(2):302–319 doi.10.2134/agronj2005.0035
- Witter E, Johansson G (2001) Potassium uptake from the subsoil by green manure crops. *Biological Agriculture and Horticulture* 19:127–141
- Wortman SE, Francis C, Bernards ML, Drijber RA, Lindquist JL (2012) Optimizing Cover Crop Benefits with Diverse Mixtures and an Alternative Termination Method. *Agronomy & Horticulture – Faculty Publications* 615 <https://digitalcommons.unl.edu/agronomyfacpub/615>
- Wortman SE, Francis CA, Bernards MA, Blankenship EE, Lindquist JL (2013) Mechanical Termination of Diverse Cover Crop Mixtures for Improved Weed Suppression in Organic Cropping Systems. *Weed Science* 61(1):162–170 <https://doi.org/10.1614/WS-D-12-00066.1>
- Wu CX, Guo XX, Li ZH, Shen (2010) Feasibility of using the Allelopathic potential of yellow sweet clover for weed control. *Allelopathy Journal* 25(1):173–184
- Ye X, Liu H, Li Z, Wang Y, Wang Y, Wang H, Liu G (2014) Effects of green manure continuous application on soil microbial biomass and enzyme activity. *Journal of Plant Nutrition* 37(4):498–508. doi.10.1080/01904167.2013.867978
- Yang L, Bai J, Liu J, Zeng N, Cao W (2018) Green Manuring Effect on Changes of Soil Nitrogen Fractions, Maize Growth, and Nutrient Uptake. *Agronomy* (8)261. doi:10.3390/agronomy8110261
- Yuvaraj M, Ramasamy M (2020) Role of Fungi in Agriculture. <https://www.intechopen.com/books/biostimulants-in-plant-science/role-of-fungi-in-agriculture>. doi:10.5772/intechopen.89718

The importance of biomass in sustainable agricultural soil management

Vesna Tunguz, Novo Pržulj

Summary

Soil formation is a long-lasting natural process, but quickly destroyed by degradation which leads to decrease in soil potential, as a condition for the survival of mankind and the living world on the planet. In order to increase yield of cultivated plants and food production in the second half of the 20th and the beginning of the 21st century, agrochemicals - chemical fertilizers and pesticides were intensively applied, which led to deterioration of the dynamic balance of soil ecosystems and water pollution. Surface layer of agricultural arable land is loose and often insufficiently protected by vegetation during the year, and it is exposed to water and wind erosion. In addition to natural, anthropogenic factors contribute to the reduction of agricultural land and the reduction of the quality of arable land. Although it is the most important natural resource of mankind, excessive or irresponsible use of soil leads to a decrease in its productivity and finally permanent degradation. The increase in the use of artificial fertilizers, manures and slurry produced on farms, and changes in land use are the main factors causing progressive increase of nitrates and nitrites in water in last 25 years. During intensive use, the fertility of the soil changes - mainly caused by depletion due to plant yields and loss of plant nutrients, acidification or alkalization and reduction of organic matter content. Soil fertility is strongly correlated with soil quality and represents the ability of soil to enable cultivated plants to optimally accumulate biomass with minimal use of manure and mineral fertilizers. Concern for soil, its natural resources and biological divergence is becoming the subject of interest of an increasing part of human population, and not just the ones engaged in agriculture, and thus becomes the responsibility of a society as a whole.

Due to his activities, most often agricultural production, men can increase or decrease the fertility of the soil. Protecting the soil from erosion and increasing the amount of organic matter in the soil are particularly important measures in the sustainable management of agricultural soil. Incorporating crop residues increases the content of organic matter in the soil, and the application of green manure and cover crops in the crop rotation protects the soil from erosion and improves its physical, chemical and biological properties.

Ploughing crop residues increases the content of nutrients, organic matter and humus, and microbiological activity in the soil, improves water, air and physical properties of the soil, improves soil structure, which consequently contributes to increase in soil fertility and ultimately yields. Harvest residues are a valuable product due to high energy content necessary for microorganisms, which should not be removed, but used on the plot by ploughing. The nutrients in the crop residues are at the place of their application, transport is unnecessary, and they have the same nutritional value as manure. Depending on the plant species, ploughing crop residues provides 20–25% of nitrogen, 25–50% of phosphorus, and 30–80% of potassium for the next crop. Decomposition of crop residues in the soil is done by two processes: (1) decomposition to water, carbon dioxide, ammonia and minerals that can be used by the next crop and (2) transformation into humus. The application of nitrogen fertilizers with ploughed aboveground biomass significantly contributes to the increase of humus content and the efficiency of carbon retention in the soil.

Planned input into the soil of aboveground biomass of a crop grown exclusively for that purpose is called green manuring or sideration, and the crop itself used for green manure is called green manure or siderate. Siderates have numerous positive effects on the soil - organic matter enrichment, improved biological activity in the soil, effect on pedohygiene, physical, chemical and biological properties, absorption of more difficult-to-access nutrients and prevention of nutrient leaching, especially nitrogen. Planting of green manure, included in the crop rotation, contributes to the control of pests and diseases and reduces weeding of arable land, which would otherwise be unsown. Growing green manure in the summer months has a positive effect on reducing soil temperature, water retention, preservation of microorganisms from direct sunlight and protection of the soil from erosion. Plants used for green manure should have a strong root system and be characterized by rapid growth and rapid development of green mass. It is desirable that they have the ability to bind atmospheric nitrogen and absorb more difficult-to-access nutrients from deeper soil layers. The selected crop for green manure should create the maximum green mass in a certain climate. In organic agriculture, the main source of nitrogen is leguminous plants, living in symbiosis with *Rhizobium* bacteria, which have the ability to fix airborne nitrogen and convert it into a form accessible for plant absorption. It is desirable to use mixtures of legumes with non-legumes for green manure for better adaptation and creation of biomass as large as possible. The application of green manure also has certain disadvantages: additional costs for seeds, cost of soil cultivation and sowing, lack of income-producing crops, additional seasonal field labour, possible problems with pests and diseases due to the "green bridge" effect and the possibility that green manure becomes weed.

Cover crops have a large capacity to contribute to sustainable agricultural soil management and the realization of sustainable agricultural production. These crops primarily maintain and improve soil properties and capacity through its protection against water and wind erosion, improvement of soil structure (aggregate stability), improvement of soil hydraulic properties (water infiltration), increase in soil organic carbon content and microbiological activity, and decrease of nitrogen leaching, thus reducing groundwater pollution. Cover crops play a useful role in adapting to climate change and mitigating greenhouse gas emissions. The different benefits of cover crops depend on the plant species used as cover crops (legumes, non-legumes, grasses, *Brassicaceae*), the time of sowing and termination of vegetation of cover crops and the manner of termination of vegetation - mechanically or chemically. Cover crops that have an adventitious root are more effective in protecting the soil from erosion than cover crops with an axial root. Cover crops manifest their positive economic effect after long-term use. In addition to the main effects on the soil, cover crops have other effects, such as allelopathic and the effects of using different mixtures of cover crops on the health and quality of the soil.

Keywords: Soil quality, biomass, crop residues, green manure, cover crop, leguminous plants, non-leguminous plants