

Крмне легуминозе у системима пољопривредне производње

Владета Стевовић, Драган Ђуровић, Далибор Томић

Сажетак. У циљу повећања и интензивирања сточарске производње, рјешење треба тражити у високоприносним биљним врстама доброг квалитета, које се уклапају у систем континуиране производње сточне хране. Заједно са напорима да се смањи енергетска потрошња, загађење животне средине, интензивирају системи одрживе пољопривреде и одржи биодиверзитет, треба размотрити могућност повећања површина под крмним махунаркама. Као азотофиксатори, ове биљке се минимално ђубре азотним ђубривима чији се остаци у земљишту губе испирањем, узрокујући загађење подземних вода, као и површинских водотокова. Разноврсност њихове употребе, висок и стабилан принос и квалитет производа, чине ове биљке значајним у рјешавању проблема дефицита кабастих сточних хранива богатих протеинима.

Из групе вишегодишњих крмних легуминоза, представници са највећим привредним и агротехничким значајем су: обична или плава луцерка, жута луцерка, хибридна луцерка, дуњица, црвена дјетелина, бијела дјетелина, жути звјездан, барски звјездан, усколисни звјездан, еспарзета, бијели кокотац

Цитирање: Стевовић В, Ђуровић Д, Томић Д (2020) Крмне легуминозе у системима пољопривредне производње. У: Пржуљ Н, Тркуља В (уредници) Од генетике и спољне средине до хране. Академија наука и умјетности Републике Српске, Бања Лука, Монографија XLI:313–437

Cite as: Stevović V, Đurović D, Tomić D (2020) Forage legumes in agricultural production systems. In: Pržulj N, Trkulja V (eds) From genetics and environment to food. Academy of Sciences and Arts of the Republic of Srpska, Banja Luka, Monograph XLI:313–437

и жути кокотац. У групу једногодишњих крмних легуминоза које се већ гаје, или могу бити интересантне у савременим системима производње крме, убрајају се: грахорице, сточни грашак, крмни боб, лупине, соја и вигна. Поред донедавно далеко више гајених врста, као што су сочиво, састрица и уров, позитивни резултати прелиминарних огледа са врстама као што су кајан, бијела лупина, усколисна лупина, нарборска грахорица и вигна, указују на могућност њиховог увођења у системе производње сточне хране и/или зеленишног ђубрења.

Крмне легуминозе се у Републици Српској гаје на око 50.000 ха као чисти усјеви, често и као здружени усјеви са вишегодишњим или једногодишњим травама, другим легуминозама или биљкама из других група. Гајењем здружених усјева легуминоза и трава, односно жита, могу се обезбиједити бројне предности, као што су: повећан принос биомасе и искоришћавање земљишних ресурса, повећана стабилност приноса, побољшано искоришћавање хранива, воде и свјетлости, као и контроле корова, болести и штеточина. У умјереном климатском појасу, овај начин гајења далеко је успјешнији када се примјењује у производњи крме у односу на производњу зрна.

У данашње вријеме, као и у претходном периоду, постоји потреба за врстама и сортама крмних легуминоза које ће, уз висок потенцијал за принос, имати и побољшан квалитет зрна/крме, као и повећану отпорност на стрес, нарочито стрес изазван недостатком воде у земљишту, високим температурама и повећаном соларном радијацијом. Економичност производње легуминоза на нивоу газдинства често је погрешно процијењена као негативна, јер се при томе углавном не узимају у обзир позитивне, економски тренутно невидљиве, предности у гајењу легуминоза. Цијене зрнастих протеинских хранива на којима се заснивају интензивни системи производње ће у будућности наставити да расту, тако да ће у блиској будућности, гајење легуминоза бити и економски исплативије од већине других пољопривредних биљака.

Одавно су познате предности гајења легуминоза, односно њиховог утицаја на унапређење агроекосистема. Увођење легуминоза у системе производње ограничило би све израженију деградацију земљишта. У циљу развоја одрживе пољопривреде, тржишна политика требала би признати вриједност производа добијених од легуминозних биљака одређеним мјерама аграрне политике.

Кључне ријечи: Биљни протеини, легуминозе, одржива пољопривреда, принос крме, принос зрна, здружени усјеви

8.1. Увод

Легуминозне биљке за производњу крме и зрна имају важну улогу у пољопривредној производњи сваке земље. Њихови крајњи производи представљају сировине за производњу хране за људе и домаће животиње, или се као зрно/крма директно користе у исхрани. Легуминозне биљке су познате као незамјенљиви дио плодореда још од Римског царства (Rogers 1976). У савременим системима производње, легуминозе су такође и незамјенљива компонента одрживих агроекосистема. У исто вријеме, њима се обезбјеђује квалитетна сточна храна и очување најважнијих особина агроекосистема, као што су: органски азот, стабилизација земљишта и кружење минералних хранива.

Крмне легуминозе су углавном заступљене као компонента природних, полуприродних и сијаних травњака (дуготрајних или краткотрајних), или на ораничним површинама на којима су намјенски заснивају усјеви вишегодишњих или једногодишњих легуминоза, као чисти усјеви или у смјеси са травама, односно житима. Независно од начина искоришћавања, крма са травњака реализује се углавном преко мяса и млијека као крајњег производа преживара. И протеини, као саставни дио биомасе, слиједе пут крме произведене на травњацима.

Екстензивни системи производње сточне хране, који у великој мјери зависе од природних, полуприродних и сијаних травњака, као и производње основних зрнастих хранива на ораницама, изложени су прекомјерном искоришћавању, а тиме и ризику од деградације и ерозије травњака, недостатку протеинских хранива нарочито са ораница, као и смањеном, временски и просторно неравномјерно распоређеном количином падавина, која се предвиђа као посљедица климатских промјена (FAO 2010).

Повећање производње легуминоза на површинама газдинства однедавно постаје све атрактивније, јер се на тај начин доприноси одрживом развоју пољопривреде, путем мање зависности пољопривреде од фосилних горива, ниже емисије гасова стаклене баште, повећању разноликости гајених биљака, повећању биодиверзитета у земљишту и у околној средини, повећању плодности земљишта, као и успостављању нових односа гајене биљке–животиње (Vokan i sar. 2016). Предности у гајењу легуминозних биљака су у највећој мјери резултат њихове најважније и јединствене особине – способности да путем симбиозе са коријенским бактеријама, чији је општи назив ризобијуми, фиксирају атмосферски азот, задовољавајући тиме највећи дио својих потреба за овим хранивом и обезбјеђујући га другим организмима – земљишним (микроорганизми), нелегуминозним биљкама у

здруженим усјевима или гајеним биљкама које у плодореду долазе послје њих.

Тренд кретања бројног стања одређених врста домаћих животиња у Европи присутан је и у Републици Српској, чија је основна карактеристика смањење броја преживара и пораст броја моногастричних животиња – свиње и живина. Техничка рјешења, нарочито у припреми концентроване хране, а такође и у системима гајења у затвореном простору, довела су до повећане концентрације одређених врста домаћих животиња у појединим регионима, нарочито свиња и живине, што неминовно доводи до већег загађења агроекосистема, као и животне средине у цјелини. Повећане концентрације, нарочито азотних, али и фосфорних једињења, пољопривредне површине чине мање погодним за гајење легуминоза. На рачун смањења површина под легуминозама, по правилу повећавају се површине под житима и донекле уљаним биљкама, и на тај начин све више хомогенизују системи производње.

Потрошња производа животињског поријекла на свјетском нивоу стално се повећава (Lassaletta et al. 2014). У Европи је у посљедњих 50 година потрошња меса повећана четири пута, при чему се потрошња свињског меса у току истог периода повећала за 80% (Westhoek et al. 2011). Потрошња меса и других производа од моногастричних животиња довела је до промјене у сјетвеној структури, односно начину коришћења пољопривредног земљишта (Pelletier and Tyedmers 2010). Гајење моногастричних животиња доживјело је експанзију и због повољних цијена компоненти концентроване сточне хране. Интензификација пољопривреде је, с друге стране, довела до тога да се, умјесто пашњачког начина гајења преживара, све више примјењује шталски, што је само по себи довело до веће употребе концентрованих хранива (Vicenti et al. 2009).

Крмне легуминозе одликују се великом варијабилношћу у потенцијалу за принос крме/зрна, као и разноврсним могућностима употребе. Једна крмна легуминоза може се гајити за веома различите намјене; као што су заштита земљишта од ерозије, зеленишно ђубрење, малчовање, усијавање у међуредове у воћњацима и виноградима, као медоносна биљка, уљепшавање околине и у медицинске сврхе. То упућује на њихову добру адаптацију на различите едафске и климатске услове, као и начине гајења (Sánchez-Díaz 2001).

8.2. Системи производње крме легуминозних биљака

Легуминозе се могу гајити за различите намјене, као што је зрно, зелена крма, силажа, сјенажа (са обрадивих површина или травњака) или као

зеленишно ђубриво, при чему избор система производње зависи од климатских и едафских услова, као и намјене крајњег производа.

Крма се може производити на сталним травњацима (природни или полуприродни), привременим (сијаним), који се заснивају на обрадивим површинама и користе од двије до неколико година, те на обрадивим површинама на којима се заснивају усјеви вишегодишњих крмних легуминоза, као што су луцерка, црвена дјетелина, бијела дјетелина или жути звјездан. Крмне легуминозе се у Републици Српској гаје на око 50.000 ха као чисти усјеви („Статистички годишњак Републике Српске“ 2019), често и као здружени усјеви са вишегодишњим или једногодишњим травама, другим легуминозама или биљкама из других група. Такав систем производње је заступљен на сијаним травњацима, док на природним асоцијацијама њихов удио зависи углавном од агроеколошких услова подручја, начина искоришћавања и примијењене агротехнике.

У погледу приноса крме, агрономског квалитета, нарочито квалитета крме, смјеше трава и легуминоза посједују значајне агрономске предности, у поређењу са чистим травама, некада и са неким од водећих силажних биљака (Peuraud et al. 2009). Неколико је недостатака оваквих система, између осталог слаб пораст на почетку вегетације (Peuraud et al. 2009), мања трајност при коришћењу испашом у односу на чисте траве, ризик од појаве надуна и неке потешкоће при силирању–сјенажирању или справљању сијена (Phelan et al. 2015). Травно-легуминозне смјеше су доста заступљене у полуинтензивним системима производње, углавном због смањене потребе за неорганским азотом (нпр. одржива пољопривреда, органски травњаци). Још један значајан недостатак ових система је смањење удјела легуминозне компоненте при повећању количине неорганског азота, интензивном напасању или њиховој комбинацији, када практично може доћи и до потпуне елиминације легуминоза.

8.3. Системи производње зрна легуминозних биљака

У умјерено континенталном климатском подручју врсте које се најчешће гаје за производњу зрна су: соја, грашак, обичан пасуљ, боб, сочиво и лупине. Мада је соја од стране *FAO* класификована у групу биљака за производњу уља, њена улога и намјена у системима производње је слична легуминозама за производњу зрна, по чему је соја референтна протеинска биљка. Легуминозе за производњу зрна се готово без изузетка гаје као чисти усјеви, мада је данас повећан интерес за њихово гајење као здружених усјева

(Malézieux et al. 2009). Здружени усјеви легуминоза и жита на обрадивим површинама као једногодишње гајене биљке могу се заснивати у циљу производње зрна или силаже (сјенаже), при чему је други начин гајења далеко заступљенији, са основном намјеном производње крме са већим садржајем протеина (Anil et al. 1998). У повољним агроеколошким условима такви здружени усјеви имају већу и стабилнију производњу крме (некада и принос протеина) у односу на чисте усјеве њихових компоненти (Bedoussac et al. 2015).

Предности система производње који укључују легуминозе су бројне, али се као најбитније могу истаћи: смањење или изостанак употребе синтетичког азота, повећање вриједности агроекосистема путем обезбјеђења азота наредном усјеву, побољшање структуре земљишта, као и повећање биодиверзитета земљишта и екосистема у цјелини.

8.4. Вишегодишње легуминозе

Крмне легуминозе припадају фамилији *Fabaceae* (*Leguminosae*), подфамилији *Papilionoideae* – лептирњаче. Из групе вишегодишњих крмних легуминоза представници са највећим привредним и агротехничким значајем су: из рода *Medicago* – обична луцерка или плава дјетелина (*Medicago sativa* L.), жута луцерка (*M. falcata* L.), хибридна луцерка (*M. media* (varia) Pers.), дуњица (*M. lupulina* L.); из рода *Trifolium* – црвена дјетелина (*Trifolium pratense* L.), бијела дјетелина (*T. repens* L.); из рода *Lotus* – жути звјездан (*Lotus corniculatus* L.), барски звјездан (*L. uliginosus* Schkuhr.), усколисни звјездан (*L. tenuis* Waldst. et Kit.); из рода *Onobrychis* – еспарзета (*Onobrychis viciifolia* Scop. или *O. sativa* Lam.); из рода *Melilotus* – бијели кокотац (*Melilotus albus* Medik.) и жути кокотац (*M. officinalis* (L.) Pall.).

Врсте из фамилије *Fabaceae* које фиксирају атмосферски азот, више од једног вијека укључене су као компонента плодореда, односно плодосмјене (Woll 1915, Semple 1928, цит. према McCartney and Fraser 2010). Поред њихове улоге у повећању садржаја органске материје у земљишту, побољшању његових физичких особина, смањењу бројности патогена и штеточина, обезбјеђењу азота наредним усјевима (Blackshaw et al. 2005), спречавању ерозије земљишта, легуминозе су и замјена за вишегодишње травњаке и углавном се користе као силажне или као биљке за справљање сијена.

За Републику Српску не постоје подаци о садашњем стању (принос и укупна производња) у производњи једногодишњих легуминоза. Укупне пољопривредне површине у РС износе 971.000 ха, од чега се под сијаним

кормним биљкама налази 64.569 ха, под ливадама 169.000 ха, а под пашњацима 178.000 ха („Статистички годишњак Републике Српске“ 2019). Такође, не постоје подаци о заступљености травњака са легуминозама, као ни процјена садашњих површина и удио легуминозних биљака на њима.

8.4.1. Захтјеви вишегодишњих легуминоза према условима за успијевање

Из групе вишегодишњих легуминоза, луцерка је биљка топлог и умјерено влажног поднебља. Након клијања и ницања, поникао усјев добро подноси нешто ниже температуре (-4 °C до -5 °C), док отпорност према ниским зимским температурама зависи од припремљености усјева. Уколико је посљедње кошење обављено три до четири недјеље прије појаве првих јесењих мразева, добро припремљене биљке за зимски период могу да поднесу мразеве до -30 °C. Као и луцерка и црвена дјетелина, еспарзета, бијела дјетелина и жути звјездан, такође се одликују израженом отпорношћу према ниским температурама. Оптимална температура за раст и развиће вишегодишњих легуминоза је 20–25 °C. Луцерка и жути звјездан добро расту при вишим температурама (оптимум 25 °C), док је за бијелу дјетелину оптимум 17–24 °C.

Луцерка је биљка изражених захтјева према свјетлости. За бијелу дјетелину гајену у смјеси са вишегодишњим травама, свјетлост може да буде и ограничавајући чинилац, док црвена дјетелина, у односу на луцерку и жути звјездан, мање реагује на промјену освјетљености. Због тога црвена дјетелина може да се усијава у рјеђе усјеве озиме пшенице, јарог овса или јечма, док се усијавање луцерке не препоручује.

Захваљујући веома добро развијеном коријеновом систему, већина вишегодишњих кормних легуминоза су толерантне на недостатак воде у земљишту, изузев бијеле дјетелине која је осјетљивија према суши од осталих легуминоза.

Од вишегодишњих ораничних кормних биљака, луцерка има највеће захтјеве према земљишту. Овој врсти највише одговарају плодна, довољно дубока земљишта, са добрим физичким, хемијским, водним и топлотним особинама и растреситим ораничним слојем. За успјешно гајење луцерке, оптимална рН вриједност земљишта је од 6,2 до 7,8, за бијелу дјетелину од 5,6 до 7,0, за црвену дјетелину од 6,0 до 7,0 и хибридную дјетелину од 5,5 до 7,5.

Принос вишегодишњих легуминоза често је ограничен екстремним вриједностима неких климатских чинилаца. Стресни услови спољне средине, односно њихове посљедице, најочигледније су на биљкама које се у дужем периоду гаје на одређеној површини, као што су вишегодишње легуминозе. Њихови усјеви су изложени често не једном, већ комбинацији више стресних абиотичких чинилаца. Ниске температуре и превлаживање током зимског мировања уобичајени су у многим подручјима, као и недостатак воде у земљишту и високе температуре у току љетњег периода. Томе треба додати и повремену појаву других стресних фактора, као што су висока радијација (инсолација) или присуство токсичних елемената (Na, Al, Mn), чије концентрације се могу повећати као посљедица промјена у физичко-хемијским особинама земљишта. Абиотички стресови могу утицати на легуминозе у различитим фазама развоја. Из тог разлога, легуминозе морају имати адаптационе одбрамбене механизме који су индуковани стресом како у току ницања, тако и током вегетативног или репродуктивног развоја.

Легуминозе се адаптирају на различите еколошке услове, модификујући развојне стадијуме као што је, на примјер, способност самозасијавања жутог звјездана, која је веома важна особина за одржавање нивоа приноса суве материје. Према резултатима Ayala and Carámbula (2009), код усјева који је донио сјеме у једној вегетацији принос суве материје у наредној вегетацији био је на истом нивоу, док је код усјева који није образовао сјеме у наредној вегетацији принос био неколико пута нижи. Веома важан физиолошки механизам за преживљавање код легуминоза је њихова способност да складиште угљене хидрате у круницу, коријен или ризом (Castillo et al. 2012). У току стреса, фотосинтетска активност остаје иста; тако да се у коријену и круници акумулира довољна количина угљених хидрата за пораст нових изданака након престанка стреса (Signorelli et al. 2015).

8.4.2. Луцерка

Од око 50 врста из рода *Medicago*, десетак имају нарочит агрономски значај, од којих је најзначајнија обична или гајена луцерка (Сл. 8.1). Обичну луцерку је боље посматрати као комплекс врста подсекције *Falcatae*, која обједињује двије најважније врсте, и то: обичну луцерку (*M. sativa* L.) и жуту луцерку (*M. falcata* L.).

Луцерка је вишегодишња крмна легуминоза која се гаји у веома разноликим агроколошким условима и која се може користити, најчешће кошењем, у неколико наврата током вегетационе сезоне. Комбинација високо

квалитетне крме и способности за биолошку азотофиксацију истовремено указују на њену улогу како у обезбијеђењу хране за животиње, тако и у очувању еколошких ресурса. Луцерка се истиче као биљка која има веома позитиван утицај на: структуру и плодност земљишта, циклус кружења азота и угљеника, заштиту од ерозије, употребу пестицида (углавном хербицида), квалитет вода и укупан биодиверзитет (Julier et al. 2017). С обзиром на цијену и потребе за квалитетним сјеменом сорти које су у већем обиму заступљене у производњи, гајење луцерке за производњу сјемена је веома профитабилна додатна дјелатност.



Сл. 8.1. Обична (плава) луцерка (Фото Петровић М)
Fig. 8.1. Blue alfalfa (Photo Petrović M)

Луцерка се у Европи гаји на око 2,5 милиона ха, од чега се преко 65% површина налази у Италији, Француској, Румунији и Шпанији. Усјев луцерке најчешће се механички коси након фазе бутонизације и крма се складишти као сијено или силажа, или се користи као сировина за сушење и добијање луцеркиног брашна, односно пелета (Julier et al. 2017). На пашњацима луцерка се обично среће у екстензивним системима, због јефтиног сјемена.

Због ротације усјева у плодореду, луцерка се у већини система производње користи 3–5 година, мада је њен животни вијек доста дужи. Број откоса у току једне године варира, највише усљед агроколошких услова производње и, захваљујући у првом реду високој способности регенерације, креће се и до седам. Посљедње кошење луцерке требало би обавити најмање четири недјеље прије појаве првих јесењих мразева. У погледу приноса сирових протеина по јединици површине, у умјереном климатском појасу ова биљка нема конкуренцију, чак ни међу зрненим махунаркама (Huughe 2003).

Луцерка се одликује успореним порастом након ницања, тако да је у заснивању усјева потребно обратити пажњу на присуство корова и њихово сузбијање. Усјеви намијењени за производњу биомасе могу да се сију и нешто гушће, на међуредном растојању 8–12 цм и већом количином сјемена, чиме се постиже ефикасније сузбијање коровских врста. У чистој сјетви количина сјемена варира од 18 до 20 кг ха⁻¹, а у асоцијацији са вишегодишњим травама, количина сјемена луцерке креће се од 10 до 15 кг ха⁻¹. Трајност усјева и принос луцерке зависе од успјешности заснивања усјева, тако да у години сјетве прво кошење треба обавити касније, у фази пуног цвјетања и формирања махуна. Због изражене конкуренције између биљака луцерке за свјетлост и хранива, број биљака по јединици површине се првих шест мјесеци након заснивања усјева постепено смањује до броја од око 300 биљака м⁻² (Julier et al. 2017).

Садржај протеина у сувој материји крме луцерке варира између 15 и 25%, највише у зависности од фазе развоја при косидби. У исхрани преживара крма ове легуминозе одликује се високим садржајем протеина, добром сварљивошћу, великом конзумацијом и пуферном способношћу, која спречава ацидозу бурага (Ђukić et al. 2008). Око 10% произведене крме намијењено је моногастричним животињама (углавном свиње и живина), захваљујући одличном квалитету, на који указује и висок садржај омега-3 масних киселина, каротеноида и минералних материја. У оброку ових животиња луцеркино брашно односно пелете су заступљени са 10–20% у односу на суву материју оброка и, с обзиром на високу хранљиву вриједност, могу успјешно замијенити брашно соје.

Луцеришта се могу заснивати од прољећа (у нашим условима друга половина марта), током читавог љета и почетка јесени, с тим што се сјетва у јесен мора обавити раније, како би се биљке довољно развиле до појаве првих мразева. При заснивању усјева у љетње-јесењем периоду, у нашим условима неопходно је обезбиједити наводњавање. Луцерка не подноси сувише тешка, забарена, нити превише кисела земљишта; идеално је да рН вриједност буде између 6,5–7,5. Уколико је рН земљишта испод 6, препоручује се калцификација (Stevović et al. 2004а, 2004б, 2005б, 2010а, 2010в; Стевовић и сар. 2010). У случају заснивања усјева на киселијем земљишту, у земљиште је са основном обрадом потребно унијети одговарајућу количину кречног материјала, чиме би се рН вриједност земљишта повећала до оптималне (рН 6,8). Неутрализација рН вриједности је доста спор процес, тако да је инкорпорацију карбоната у земљиште неопходно обавити најмање шест мјесеци прије сјетве (Stevović i sar. 2015).

Инокулација сјемена (*Rh. meliloti*) или сјетва већ инокулисаног сјемена се препоручује уколико се луцерка није дуго година (више од 5) гајила на тој површини (Ђукић и сар. 2009, Stevović et al. 2010a; Stevović i сар. 2015).

Успорен пораст младих биљака након ницања и веће присуство корова отежава заснивање луцеришта. Смјеша луцерке и трава у заснивању може помоћи у редукцији и контроли коровске популације, под условом да удио трава не буде велики како би се спријечила компетиција за свјетлост (Spandl et al. 1999). Упркос осјетљивости на засјену, луцерка се доста успјешно може усијавати у прољеће, најчешће у раније сорте стрних жита, рјеђе широкореде гајене биљке (кукуруз, сунцокрет), гдје би након жетве главног усјева наставила развој (Ђукић и сар. 2009).

Луцерка је позната као аутоксична биљка. Листови луцерке производе супстанце растворљиве у води, које се испирају из заосталих листова на површини земљишта и онемогућавају клијање њеног сјемена (Chon et al. 2006). Због тога се у плодореду луцерка не може вратити на исто земљиште прије 3–4 године.

У току пораста изданака мијења се однос лист : стабло, у корист стабла, а како лист садржи више протеина и сварљивији је у односу на стабло, каснијим кошењем повећава се принос крме и истовремено смањује садржај протеина у крми, као и њена сварљивост (Lemaire and Allirand 1993).

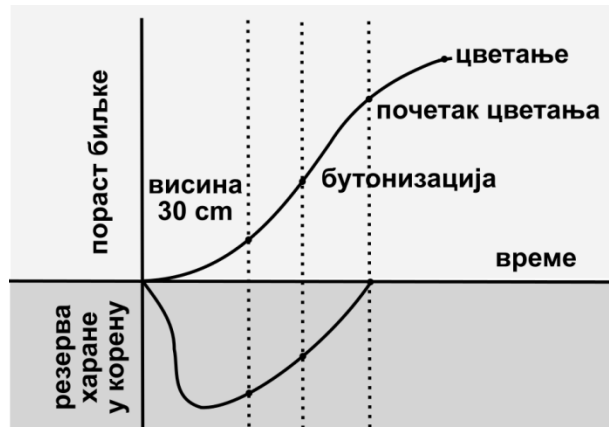
Захваљујући добро развијеном коријеновом систему који продире дубоко у земљиште, луцерка се сматра толерантнијом на сушу у односу на друге вишегодишње крмне легуминозе (Peterson et al. 1992). Осим у почетној фази развоја након заснивања, ова биљка азотофиксацијом може обезбиједити довољно азота за оптималан раст (Lemaire et al. 1985). Количине фиксираног азота, као и код других легуминоза, незахвалне су за процјену; код луцерке се наводе вриједности од 65 до 360 кг ха⁻¹ N (Frame 2005). Одржавање плодности земљишта у периоду искоришћавања луцерке, нарочито на сиромашним и киселим земљиштима, веома је важно за њену дуговјечност. Акумулација фосфора у крми се креће у просјеку 2,6 г кг⁻¹ суве материје, калијума 25 г кг⁻¹ суве материје, што одговара 6 кг P₂O₅ т⁻¹ односно 30 кг K₂O т⁻¹ суве материје крме. У зависности од хемијских карактеристика земљишта, поред ових хранива пажњу треба обратити на обезбијеђеност биљака магнезијумом, калцијумом и сумпором. Како би се поспјешиио процес азотофиксације, значајна мјера може бити предсјетвена инокулација сјемена (Stevović et al. 2005a, 2006a, 2006b; Стевовић и сар. 2007, 2011).

Мада се луцерка заснива углавном као чист усјев, може се гајити и у смјеши са вишегодишњим травама; у повољним условима такве смјеше су

продуктивне као и чист усјев луцерке. Уколико се заснивање усјева обавља у смјеси са одговарајућим врстама вишегодишњих трава, сјетва се обавља у два наврата. Прво се посије сјеме вишегодишње легуминозе, а затим у другом проходу, попречно на правац засијаних редова, сјеме трава. Како је луцерка добар компетитор (Chamblee and Collins 1988), однос 50 : 50 сјемена у сјетви, у првим годинама често резултира односом у крми 80:20 – луцерка:трава. Балансираније смјеше могу се добити уколико се количине минералног азота прилагоде количинама које би потенцирале раст трава, и усјев чешће косио. При сјетви луцерке у смјеси са вишегодишњим травама, током припреме земљишта за сјетву у земљиште треба унијети 30 кг ха⁻¹ N, а у годинама производње 100–150 кг N ха⁻¹ годишње (Ђукић и сар. 2009). За ову намјену такође треба одабрати сорте луцерке које су у смјешама мање агресивне и које се одликују високим потенцијалом за принос крме, краћим стаблом, ситнијим листовима и израженијим гранањем изданака (Maamouri et al. 2015). У односу на друге легуминозе, луцерка показује прилично ограничену способност трансфера фиксираних азота ка нелегуминозним биљкама (Louarn et al. 2015), тако да би и из тог разлога умјерене количине азота подстакле развој и компетитивну способност трава у смјешама.

Мада није физиолошки повезан са акумулацијом резерви у коријену, почетак цвјетања се узима као индикатор довољне акумулације резерви угљеника и азота у коријену, односно времена косидбе (Граф. 8.1). Резерве угљеника и азота из коријена и крунице се након косидбе мобилизују током 6–10 дана, а затим се почињу постепено обнављати, при чему је за њихово потпуно обнављање потребно неколико недјеља (Lemaire and Allirand 1993). Чешћом косидбом смањује се принос крме по откосима, укупни годишњи принос крме и перзистентност усјева, док се хранљива вриједност крме повећава.

Основни циљ оплемењивања луцерке данас је принос крме. Поред тога, актуелни циљеви су и: отпорност на полијегање (непосредно повезана са дебљином стабла и у негативној корелацији са конзумацијом крме и сварљивошћу); висок принос сјемена (добар индикатор је маса сјемена по цвасти); отпорност на најзначајније болести (углавном коријеновог система: *Verticillium alboatrum*, *Coletotrichum trifoli*, *Sclerotinia trifoliorum*), као и отпорност на сушу (данас све актуелнија) и друге стресне абиотичке факторе (киселост, заслањеност земљишта). Развој система производње, познат као одржива пољопривреда односно органска пољопривреда, одредио је и неке нове правце оплемењивања, као што су: оплемењивање на способност гајења у смјеси са травама, адаптација на испашу која подразумијева мање еректофилан тип раста, као и висока способност компетиције са коровима, како би се избјегла примјена хербицида (Annicchiarico and Pecetti 2010).



Граф. 8.1. Пораст биљке и кретање резерви хране у коријену луцерке (Demarly 1957, преузето из Ђукић и сар. 2009)

Graph. 8.1. Plant growth and movement of plant assimilants in alfalfa root (Demarly 1957, taken from Ђukić et al. 2009)

Значај луцерке као компоненте плодореда резултат је њене способности да побољша плодност и структуру земљишта, као и да ограничи развој корова у наредном усјеву. Луцерка може да акумулира и до 400 кг N ха⁻¹ током године (Kelner et al. 1997; Angus and Peoples 2012), при чему се и до 160 кг ха⁻¹ азота, потенцијално доступног наредном усјеву, акумулира у коријену и круници (Rasse et al. 1999; Justes et al. 2001). При нормирању азота за наредни усјев треба узети у обзир процјене да је у првој години минерализацијом остатака луцерке у земљишту у доступној форми присутно 150–200 кг ха⁻¹ азота (Ballesta and Lloveras 2010). Значајан резидуалан ефекат азота из остатака луцерке запажа се и у другој години након разоравања (Cela et al. 2011; Vertès et al. 2015). Ризодепозиција азота (количина доступног азота након разлагања дијелова коријена, нодула, као и из ексудата коријена), код луцерке је у односу на друге легуминозе доста мала и износи 3–5% од укупне количине фиксираног азота (Lory et al. 1992). Отуда је и допринос азота овим путем доста ограничен, што има за посљедицу ниске вриједности трансфера азота ка травама (Louarn et al. 2015). Минерализација остатака луцерке након разоравања је у првој години на нивоу 25–35% од укупне масе остатака (Angus et al. 2006), чиме се може објаснити резидуални ефекат минерализованог азота у другој години.

У заснивању наредног усјева треба имати на уму да дубоким и добро развијеним коријеновим системом, луцерка усваја воду из дубљих слојева земљишта, тако је у земљишту често присутан дефицит воде (Angus et al.

2000). Усвајање азота из дубљих слојева земљишта је такође особина луцерке повезана са јако развијеним, дубоким коријеновим системом, тако да је испирање нитрата из усјева луцерке врло мало, чак и при примјени минералних и органских ђубрива (Thiébeau et al. 2004). Мада је емисија гасова стаклене баште, нарочито азот (I) оксида (N_2O), из усјева луцерке релативно мала, утврђено је да је она неупоредиво већа код наредног усјева (Wagner-Riddle and Thurtell 1998). Усјев луцерке акумулира у земљишту и значајне количине угљеника (Mortenson et al. 2004), и на тај начин доприноси смањеној емисији угљен-диоксида и метана.

Појава корова код луцерке нарочито је изражена у младом усјеву након ницања, мада се корови могу јавити и након било ког откоса, нарочито на старијим, односно проријеђеним усјевима. Већ је напоменуто да се овај проблем може ријешити гајењем смјеша луцерке и трава. Поред тога, у смјешама луцерке са једногодишњим легуминозама значајно се може смањити бројност и развој корова у години заснивања, уз истовремено повећање укупног приноса крме у односу на чист усјев (Ćurina et al. 2017).

Луцерка се може гајити и као компонента пашњака, за коју намјену се препоручују сорте нижег хабитуса, простратум типа раста, са већим удјелом листа, бољом способношћу регенерације и отпорних на гажење (Annicchiarico et al. 2010). У неким условима (влажна крма, висок садржај протеина због великог удјела луцерке, животиње ненавикнуте на луцерку) превелика конзумација крме са таквих травњака може довести до појаве надуна. Поред мањег удјела луцерке у смјеши, појава надуна на пашњаку може се предуприједити изостанком испаше у раним јутарњим часовима или после кише, када су биљке још увијек влажне. Поред тога, зелена луцерка садржи проестрогене материје (изофлаване, куместрол, биоханин А), као и сапонине, који дјелују хемолитички (Bankow et al. 1976, цит. према Forenbacher 1998).

Први откос луцерке у нашим условима убира се у фази бутонизације (појаве цвасти), а наредни у истој фази у интервалима 5–8 недјеља, чиме се обезбјеђује максималан принос крме, задовољавајућа хранљива вриједност и боља перзистентност. При спремању силаже, крма се мора просушити до садржаја воде 40–50%, док се при спремању сијена овај садржај своди на око 20%. С обзиром на временске услове који често онемогућавају природно досушивање, први откос луцерке у нашим условима требало би да се искористи за силирање. Уколико је садржај суве материје луцерке мањи од 35%, при спремању силаже морају се додати компоненте које имају већи садржај суве материје, као и већи садржај растворљивих угљених хидрата (траве богате растворљивим угљеним хидратима, меласа, осушена пулпа

шећерне репе, самљевено зрно жита итд.), због њиховог релативно малог садржаја у крми луцерке. При справљању сијена као традиционалног начина конзервисања крме луцерке, све операције везане за досушивање и балирање треба обавити у периоду када се потенцијални губици, нарочито листа, могу свести на минимум (рани јутарњи часови или током ноћи).

У зависности од брзине регенерације и намјене (висок проценат протеина и енергије – брашно односно пелете, или висок садржај влакана – енергија или даљи поступци прераде), у сврху дехидрације луцерка се коси нешто раније, са интервалима између откоса 40–50 дана.

У системима производње на ораничним површинама чисти усјеви луцерке или њене смјеше са травама смјењују се са једногодишњим биљкама, најчешће за производњу концентроване/кабасте хране за животиње (жита), или уљаним и индустријским биљкама. У таквим системима производње луцерка се најчешће искоришћава 3–5 година.

У производњи крме за исхрану преживара луцерка је интересантна као биљка са високим приносом суве материје, високим удјелом протеина и калцијума у сувој материји, великом конзумацијом и укусношћу. Поред тога, протеини луцерке имају добро избалансиран састав аминокиселина; сува материја луцерке садржи такође више минерала и витамина у односу на друге крмне биљке (Stevović et al. 2009, 2010в). Дехидрирана луцерка (брашно, пелете) у исхрани преживара може замијенити дио концентрованих протеинских хранива у оброку. Висококвалитетно сијено луцерке и пелете нарочито су погодни за исхрану високопродуктивних грла, док се силажа претежно користи за мање захтјевне категорије животиња. У наредном периоду, отворена питања везана за гајење и искоришћавање ове легуминозе су: обезбиједити најповољнији однос приноса и квалитета крме и ограничити висок степен деградације протеина током варења. Однос растворљиви угљени хидрати : протеини већи је код смјеша луцерке и трава у односу на чисту луцерку, што утиче на повећано искоришћавање протеина из таквих смјеша (Da Silva et al. 2013). Комбинација луцерке и одређених трава је у основи добар приступ у искоришћавању хранива, нарочито протеина из њене крме.

За моногастричне животиње, луцерка се обично укључује као компонента оброка у релативно ниском проценту (Heuzé et al. 2013). Садржај влакана у њеној крми је доста висок, што неповољно утиче на прираст тих животиња. И поред тога, протеини, минерали и витамини луцерке су пожељна компонента у оброку моногастричних животиња. Каротеноиди који се налазе у брашну луцерке позитивно утичу на пигментацију жуманцета јаја, као и

масног ткива пилића. Удио луцерке, најчешће као дехидриране (брашно, пелете), у оброку свиња и живине обично је 10–15%.

8.4.3. Црвена дјетелина

Од великог броја различитих врста дјетелина, за производњу крме нарочит значај имају црвена и бијела дјетелина. Црвена дјетелина (*Trifolium pratense* L.) (Сл. 8.2) је друга по важности крмна легуминоза у свијету, како по сјетвеним површинама, по којима је одмах иза луцерке, тако и у погледу производње/пласмана сјемена и броја сорти (Boller et al. 2010). Ова крмна легуминоза има дугу историју гајења у Европи, гдје се, поред чистих усјева, гаји и у смјеси са травама, нарочито на краткотрајним травњацима који се заснивају на ораничним површинама (сјеверна и источна Европа, Сјеверна Америка). Црвена дјетелина је одиграла важну улогу у промјени, у протеклом периоду веома заступљених, неодрживих система производње сточне хране; као компонента нових система производње представљала је основ за значајно повећање укупне пољопривредне производње (Kjærsgaard 1995). Основна промјена ових система заснивала се на замјени тропољних четворопољним плодоредима, у којима је угар замијењен црвеном дјетелином. То је, између осталог, довело и до повећања плодности земљишта и повећања приноса појединих гајених биљака, на примјер стрних жита, чији су приноси повећани и више од два пута (Grigg 1992).

Најважније особине црвене дјетелине су: лако заснивање усјева, висок вигор клијанаца, брз пораст, висок квалитет крме и побољшане особине земљишта након периода искоришћавања. Одликује се великим удјелом тврдих зрна због чега се сјеме не користи за сјетву одмах након жетве (Томић et al. 2020). Црвена дјетелина је биљка умјереног климата и као таква подноси различите климатске и земљишне услове (Frame et al. 1998). Битна повољна одлика ове врсте је да са старењем биљке квалитет крме, односно сварљивост, не опада тако брзо као код, на примјер, трава. Због тога смјеше црвене дјетелине и трава могу бити искоришћаване као свјежа или конзервирана крма за преживаре у дужем временском периоду, без значајног губитка квалитета (Rinne and Nykänen 2000; Dewhurst et al. 2009).

Црвена дјетелина углавном се користи за справљање сијена или силаже за исхрану преживара. Може такође бити заступљена и као компонента пашњака, али ће то сигурно снизити њен производни потенцијал (Frankow-Lindberg 1985), јер ова легуминоза не подноси испашу тако добро као на примјер, бијела дјетелина. Поред производње крме, црвена дјетелина се

може користити и као биљка за зеленишно ђубрење. Као усјев за производњу крме наредном усјеву оставља значајне количине азота. С обзиром на то да добро подноси засјену, црвена дјетелина се у прољеће може усијавати у озима жита.



Сл. 8.2. Црвена дјетелина (Фото Стевовић В)
Fig. 8.2. Red clover (Photo Stevović V)

Од половине прошлог вијека, површине под црвеном дјетелином на глобалном нивоу стално су се смањивале, углавном због јефтиних синтетичких азотних ђубрива. Интерес за гајење ове легуминозне биљке расте због повећања цијене минералних ђубрива, нарочито однедавно, као и потреба за производњом кабасте сточне хране на сопственом газдинству.

Систематско оплемењивање црвене дјетелине почиње након Другог свјетског рата и до данас је углавном усмјерено ка стварању сорти високог потенцијала за принос крме, изражене перзистентности, са добром способношћу регенерације и отпорних на најважније болести, углавном коријена (Boller et al. 2010). Мада се тетраплоидне сорте одликују бујнијим хабитусум, већим индексом лисне површине, бољом отпорношћу на болести, као и перзистентношћу, њихово увођење у производњу ограничено је веома ниским приносом сјемена (Sjödin 1986; Boller et al. 2010).

Поред чистих усјева, црвена дјетелина се доста гаји и у смјеси са травама. Оваквим начином производње обично се постижу већи приноси крме, боље се контролишу корови, а и појава болести је мања (Frankow-Lindberg et al. 2009; Tomić et al. 2012b). Поред тога, испирање азота из земљишта је код смјеша црвене дјетелине и трава далеко мање у односу на чист усјев црвене

дјетелине (Frankow-Lindberg and Dahlin 2013). Препоручен однос сјемена црвене дјетелине и трава зависи од основне намјене. Када је примарни циљ максимални принос протеина, у смјеси треба да доминира црвена дјетелина. Да би се то постигло, обично се количина сјемена црвене дјетелине нормира на 12–15 кг ха⁻¹ а трава на 4–5 кг ха⁻¹ (Frame et al. 1998). Ниже количине сјемена црвене дјетелине, односно веће количине сјемена трава, обично се примјењују за травњаке који се интензивно ђубре минералним азотом (Томић et al. 2014г). Да би се повећало и стабилизовало учешће легуминоза у смјеси, а тиме и дуговјечност травњака, уз црвену дјетелину може се додати још једна легуминоза, најчешће бијела дјетелина (Frankow-Lindberg et al. 2009).

Количина фиксираног азота у смјешама црвене дјетелине и трава важан је параметар при нормирању минералног азота (Nyfeler et al. 2009). Недавне студије су показале да у већини случајева након косидбе за наредни пораст није потребно додавати азот. Количине азота које се додају на почетку вегетације зависе највише од заступљености црвене дјетелине у смјеси, и увијек су у негативној корелацији. Међутим, у том периоду обично је тешко утврдити удио црвене дјетелине, на основу кога би се нормирале потребне количине азота, који иначе испољава најјачи утицај на принос крме у првом откосу (Frankow-Lindberg 2017).

Травна компонента у смјеси са црвеном дјетелином најчешће је мачији реп (*Phleum pratense* L.), због ниске компетитивне способности. Поред ове врсте, за одређене агроколошке услове и намјене производње, у смјеше се могу увести ливадски вијук (*Festuca pratensis* Huds.), енглески љуљ (*Lolium perene* L.), рјеђе италијански љуљ (*Lolium multiflorum* Lam.) (Томић et al. 2012б), хибридни љуљ (*Festucololium*) или француски љуљ (*Arrhenatherum elatius* L.) (Томић et al. 2018а).

Црвена дјетелина се може сијати током читаве вегетационе сезоне, с тим што се са јесењом сјетвом не смије каснити, како би се биљке довољно развиле до појаве ниских зимских температура (Frame et al. 1998). Уколико се црвена дјетелина, са или без травне компоненте, усијава у жита (углавном озима) у прољеће, прве године се након жетве главног усјева крма најчешће не коси, због кратког периода вегетације и релативно слабе развијености биљака црвене дјетелине (Komárek et al. 2010).

Црвена дјетелина није велики пробирач у погледу квалитета земљишта, али је њен пораст, као и регенерација након кошења, успорена на превлажним и киселим земљиштима (Томић и сар. 2017). За оптималан пораст и формирање нодула идеално би било да се рН вриједност земљишта креће од

6,0 до 6,5 (Stevović i sar. 2004b, 2008). Њене потребе за основним хранивима, фосфором и калијумом, прилично су велике; приносом од 10 т ха⁻¹ суве материје црвена дјетелина износи око 30 кг ха⁻¹ фосфора и 250 кг ха⁻¹ калијума. Новија истраживања указују да позитиван утицај на принос крме и сјемена црвене дјетелине може имати и фолијарна прихрана појединим хранљивим елементима, нарочито на киселим земљиштима, на којима је велики број хранива теже доступан биљкама. Фолијарна примјена кобалта код црвене дјетелине може утицати на интензивнију нодулацију коријена и повећање азотофиксације (Томић et al. 2014a; Томић et al. 2015b), фолијарна примјена бора на развој генеративних органа (Томић et al. 2015в), а фосфора и калијума на бољи раст и развој, како вегетативних, тако и генеративних органа (Томић et al. 2014b). На киселом земљишту, због мање изражене нодулације и азотофиксације, позитиван утицај на принос крме црвене дјетелине може имати прихрана азотом преко земљишта у прољеће, прије кретања вегетације (Томић et al. 2015a).

Број откоса у току вегетације, као и укупан принос суве материје црвене дјетелине, зависе углавном од агроколошких услова, прије свега количине падавина и температуре (Томић et al. 2012a; Stevović et al. 2012a); у нашим условима најчешће два до три, а у оптималним и до пет.

Црвена дјетелина се одликује веома високом способношћу азотофиксације; према подацима Carlsson and Huss-Danell (2003) количина фиксираног азота у надземном дијелу на годишњем нивоу може прећи 350 кг ха⁻¹. Код смјеша црвене дјетелине и трава, око 80% азота из крме поријеклом је од азотофиксације (Carlsson and Huss-Danell 2003).

Потреба за инокулацијом сјемена црвене дјетелине најчешће не постоји, јер већина наших земљишта садржи ефикасне ризобијуме у довољном броју. У смјешама које садрже црвену дјетелину, трансфер фиксираног азота на нелегуминозне биљке је мањи у односу на смјеше са бијелом дјетелином (Høgh-Jensen and Schjoerring 2000), а већи у односу на смјеше са луцерком (Pirhofer-Walzl et al. 2012; Frankow-Lindberg and Dahlin 2013). Овај трансфер се повећава током вегетације, и према подацима Høgh-Jensen and Schjoerring (2000) и Dahlin and Stenberg (2010) на годишњем нивоу може прећи и 70 кг по хектару. Како је црвена дјетелина краткоживећа врста (двје до три године), често се укључује као легуминоза у краткотрајне травњаке на ораничним површинама, гдје наредном усјеву оставља значајне количине азота (Lindén 2008).

Крма црвене дјетелине веома је квалитетно храниво, не само за преживаре (Dewhurst et al. 2009), већ и за свиње (Reverter et al. 1999) и рибе (Turan 2006). Њена крма је богата протеинима и минералним материјама; преживари је

радо конзумирају због механичких особина њеног ткива, које се разликују од особина трава, јер се њена крма у односу на крму трава у бурагу много лакше уситњава и брже пролази кроз њега (Dewhurst et al. 2009).

За разлику од већине других легуминоза, крма црвене дјетелине садржи ензим полифенолоксидазу, који током варења крми даје низ позитивних особина, као што су смањена емисија азота (амонијака) у спољашњу средину при разградњи протеина у бурагу (Parveen et al. 2010), као и побољшан квалитет млијека и меса. Овај ензим је одговоран за синтезу квинона, једињење које се везује за протеине, чиме се током процеса ферментације силаже снижава деградација протеина. То утиче на побољшање квалитета силаже и смањене губитке азота током ферментације. Полифенолоксидаза такође смањује разградњу протеина у бурагу (Parveen et al. 2010), што доводи до повећане ефикасности усвајања азота код преживара који се хране црвеном дјетелином у односу на животиње које се хране бијелом дјетелином (Dewhurst et al. 2009). Овај ензим смањује реакцију биохидрогенизације полинезасићених масних киселина у бурагу (Van Ranst et al. 2011), чиме се повећава садржај α -линолеинске киселине у млијеку крава храњених силажом црвене дјетелине, у односу на животиње храњене силажом трава (Dewhurst et al. 2009). Млијеко крава храњених силажом црвене дјетелине садржи ниске концентрације изофлавона еквола, који може позитивно утицати на здравствено стање конзумента таквог млијека (Tham et al. 1998). Неповољна особина црвене дјетелине је присуство изофлавона (нарочито формонетина) у крми, који испољавају естрогени ефекат, за који се претпоставља да негативно утиче на фертилност оваца (Dewhurst et al. 2009).

Крма црвене дјетелине може бити дио оброка свиња, међутим њена већа заступљеност у оброку може довести до смањења сварљивости протеина у односу на класичан оброк на бази жита (Andersson and Lindberg 1997). При томе је сварљивост протеина у танком цријеву незнатно мања (Reverter et al. 1999), што указује да је ово храниво ипак одличан извор протеина за моногастричне животиње.

8.4.4. Бијела дјетелина

Бијела дјетелина (*Trifolium repens* L.) (Сл. 8.3) је веома полиморфна врста. У природи се разликују три морфолошки различите форме бијеле дјетелине:

- патуљаста, планинска или дивља форма, ситнолисна бијела дјетелина (*f. sylvestre* = *f. microphyllum*), код које је цвјетање обилно,

веома је трајна, адаптабилна на различите, чак и веома неповољне услове, али је слабо приносна;

- интермедијарна, или *holandicum* форма, која се одликује крупнијим лишћем;
- крупнолисна, *giganteum* или *ladino* форма; лишће и цвасти су крупни, мање је трајна у односу на претходну форму, одликује се високим потенцијалом за принос биомасе.

Захваљујући способности вегетативног размножавања (из нодуса стабљика), као и природног самоподсијавања, бијела дјетелина живи три до пет година, а при повољним условима и доброј њези и дуже. Гаји се у веома различитим агроколошким условима и на различитим типовима земљишта, са рН 4,5–8,0. Не одговарају јој сува и пјесковита земљишта, јер је због слабије развијеног коријеновог система осјетљивија на сушу у односу на већину других вишегодишњих легуминоза.

Бијела дјетелина је врста из групе вишегодишњих легуминоза која се, за разлику од већине осталих вишегодишњих легуминоза, углавном не гаји као чист усјев. Са малим изузетком, ова врста се гаји као компонента травњака, најчешће оних који се користе испашом, мада се у западној Европи велики дио таквих травњака користи кошењем, односно за производњу сијена, силаже или сјенаже (Humphries et al. 2017). Поред способности да симбиотском азотофиксацијом преведе атмосферски азот у форме приступачне биљци, њен значај, као готово неизоставне компоненте травњака, огледа се и у високој хранљивој вриједности за преживаре, као и погодности за коришћење испашом. Бијела дјетелина најчешће се гаји у смјеси са травама; у западној Европи, готово без изузетка, са енглеским љуљем. У смјеси са травом (обично 30 до највише 50% бијеле дјетелине) довољно је 3–5 кг ха⁻¹ сјемена бијеле дјетелине, односно 10–15 кг ха⁻¹ сјемена енглеског љуља. За гајење са другим вишегодишњим травама (проста смјеса: једна трава и бијела дјетелина), као што су мачји реп (5–7 кг ха⁻¹), жежевица (10–15 кг ха⁻¹), ливадски вијук (15–20 кг ха⁻¹), високи вијук (15–20 кг ха⁻¹), довољно је 1–2 кг ха⁻¹ сјемена бијеле дјетелине. Уз већу количину конзумиране хране такве смјеше, у односу на травњаке без легуминоза, имају већу укупну продукцију крме, повећан садржај сирових протеина, као и бољу сварљивост органске материје (Humphries et al. 2017).

Површине под бијелом дјетелином (подразумијевајући и њене смјеше) из године у годину се смањују, као посљедица интензификације начина гајења преживара, гдје се производња кабасте хране заснива претежно на ораницама или краткотрајним травњацима без легуминоза (Peugaud et al. 2009). Многи проблеми прате њену производњу, између осталог: а) одржавање

идеалног односа бијеле дјетелине и трава на травњаку; б) ниска и варијабилна продукција крме; в) повећан ризик од надуна при испаши, и г) тешкоће у силирању.



Сл. 8.3. Бијела дјетелина (Фото Петровић М)
Fig. 8.3. White clover (Photo Petrović M)

Продуктивност травњака са великом заступљеношћу бијеле дјетелине који се не ђубре азотом је на нивоу 70–90% продуктивности травњака који садрже само траве и који се интензивно ђубре азотом, гдје се количине азота на годишњем нивоу крећу и преко 450 кг ха⁻¹ (Andrews et al. 2007; Humphries et al. 2009). Овако велике количине азотних ђубрива у многим западноевропским земљама, уз велики број условних грла по јединици површине, не могу се одржати у наредном периоду, због ограничења које налаже Азотна директива Савјета Европе (European Parliament and Council 1991). Поред тога, од касних деведесетих година прошлог вијека цијена азотних ђубрива повећава се за око 5% на годишњем нивоу, што неминовно утиче на повећање произвођачке цијене крајњих производа, конкретно млијека, јер је највећи дио крме са ових травњака намијењен исхрани музних крава. Овакав тренд употребе синтетичког азота, као и цијена крајњих производа, негативно утиче на профитабилност система производње заснованих на травњацима без легуминоза. У исто вријеме, постоји велики притисак јавности да се смање губици азота путем испирања у подземне воде и испаравања у атмосферу. У многим државама ова проблематика је и законски регулисана у сагласности са Азотном директивом, уз још неколико директива које се односе углавном на заштиту вода, ваздуха и земљишта (European Parliament and Council 2000; 2001). За разлику од интензивно

ђубрених травњака без легуминоза, системи травњака са бијелом дјетелином као легуминозном компонентом, одликују се мањом стопом насељености (бројем условних грла по јединици површине), већом ефикасношћу искоришћавања азота, мањом употребом азотних ђубрива, као и мањим губицима азота испирањем или испаравањем у форми N_2O или амонијака, гасова стаклене баште.

Студије које су се односиле на производне системе травњака са бијелом дјетелином, намијењене исхрани музних крава у периоду од 1950. године, показале су да је нето приход са таквих површина 65–95% прихода оствареног са интензивно ђубрених травњака без легуминоза. Овакве разлике нису увијек уочљиве, с обзиром да на продукцију травњака утиче низ чинилаца, како агроеколошких, тако и оних повезаних са технологијом искоришћавања, односно конзервисања крме (Humphries et al. 2012). Захваљујући константном повећању цијене синтетичких азотних ђубрива, као и цијене млијека, системи травњака са бијелом дјетелином ће постајати све прихватљивији, што је евидентно кроз повећање удјела травњака који садрже бијелу дјетелину у протекле двије деценије (Humphries et al. 2017).

Поред квалитета крме, разлог за увођење бијеле дјетелине у травно-легуминозне смјеше је и њена висока способност азотофиксације. Подаци о фиксираном азоту код таквих смјеша јако варирају; крећу се од 10 до 300 $kg\ ha^{-1}\ N$ (Andrews et al. 2007; Ledgard et al. 2009), и углавном зависе од система производње и начина искоришћавања, који у основи и одређују удио бијеле дјетелине на травњаку. Одржање њеног оптималног учешћа у смјеси је доста тешко, нарочито када се на травњацима користе веће количине минералног азота. Из тог разлога, овакве травњаке не би требало ђубрити азотом, или би се азот примијенио само на почетку вегетације (ниске дозе), када је, као посљедица слабијег развоја бијеле дјетелине, допринос азотофиксације релативно мали. Захваљујући повољнијим условима за азотофиксацију у односу на прољећни период, њена заступљеност на травњацима током љета и јесени значајно је већа.

Најважнији аспект искоришћавања травно-легуминозних смјеша је одржавање оптималног удјела легуминоза у крми током вегетационе сезоне, као и из године у годину. Поред неравномјерне заступљености током вегетационе сезоне, удио бијеле дјетелине на травњацима је такође доста варијабилан и по годинама. Разлози за то могу се углавном повезати са количином и временом примјене азотних ђубрива, као и начином и интензитетом искоришћавања травњака. Када је ријеч о ђубрењу азотом, већ је поменуто да ниске дозе азота треба примијенити пред кретање вегетације, док се током осталог дијела вегетационог периода његова примјена не

препоручује. Удио бијеле дјетелине такође може бити смањен као посљедица прекомјерног искоришћавања травњака, нарочито испашом. Претјерано коришћење травњака испашом, по правилу, доводи до смањења удјела бијеле дјетелине.

Већа хранљива вриједност крме, боља сварљивост и већа конзумација крме травњака који садрже бијелу дјетелину у односу на травњаке без легуминоза, позитивно утичу на укупну производњу млијека, као и њену економичност (Humphries et al. 2017). Међутим, такви економски ефекти ријетко када се постижу. Основни разлог за то је релативно мало учешће бијеле дјетелине у крми травњака, нарочито у првом дијелу вегетације, тако да исхрана таквом крмом често нема предности у односу на исхрану крмом трава, како у погледу укупне производње млијека по јединици површине у току сезоне, тако и у производњи млијека по грлу.

У односу на травњаке без легуминоза, травњаци са бијелом дјетелином највећу продукцију крме остварују током љета, док се њихова продукција значајно смањује снижавањем просјечних дневних температура у јесен. Уколико се травњак користи испашом, ротациони систем је далеко бољи у поређењу са континуираним, јер се на овај начин удио бијеле дјетелине у смјеси повећава, или барем одржава на истом нивоу. Уколико је ријеч о континуираном напасању, било би пожељно престати са напасањем нешто раније у односу на ротациони систем искоришћавања пашњака, како би се биљкама бијеле дјетелине оставило довољно времена да се припреме за презимљавање.

Травњаци са бијелом дјетелином у основи имају већу продукцију крме када се користе косидбом у односу на пашни начин искоришћавања. Разлог за предности првог начина искоришћавања је у највећој мјери посљедица смањења резерви земљишног азота, што позитивно утиче на азотофикацију, за разлику од напасања гдје се знатне количине азота путем екскременате животиња враћају у земљиште. Поред тога, испашом се потенцира трансфер фиксираниог азота од бијеле дјетелине ка травама, чиме се смањује њена компетитивна способност, а тиме и удио у смјеси. При искоришћавању косидбом, за заснивање травњака се по правилу одабирају средње, односно крупнолисне сорте бијеле дјетелине.

При ротационом систему испаше број дана коришћења прегона у јесен мора да буде већи у односу на љетњи период. При томе се период испаше може продужити до почетка зиме. Позитивна особина бијеле дјетелине је да у односу на већину других леуминоза и трава квалитет њене крме врло мало опада са старењем биљке, што омогућава продужени период

искоришћавања. У току зиме, удио бијеле дјетелине у смјешама се обично смањује, јер се њени листови по положају налази испод листова трава. Као посљедица тога, бијела дјетелина је мање конкуритивна према травама на почетку вегетације.

Ризик од појаве надуна при коришћењу свјеже крме бијеле дјетелине постоји уколико је њен удио на травњаку велики и зависи од количине конзумиране крме. На пашњацима је удио бијеле дјетелине на почетку вегетације релативно мали, тако да је реална опасност присутна у периоду вегетације када је удио бијеле дјетелине већи (љето, јесен). До тог периода микрофлора бурега преживара је већ адаптирана на крму која садржи бијелу дјетелину, тако да је појава надуна при испашаи веома ријетка.

Одржавање оптималног удјела бијеле дјетелине у дужем временском периоду је прилично тешко. Једна од мјера којом се може повећати њен садржај је самозасијавање, које би се могло обезбиједити наизменично на дијеловима пашњака током неколико година. Овоме се такође доприноси одлагањем косидбе/испаше у другом дијелу вегетације, чиме се биљкама оставља довољно времена да образују сјеме.

Варијабилност продукције крме током вегетационог перида, као и из године у годину, основни је недостатак травно-легуминозних смјеша са бијелом дјетелином, без обзира на начин коришћења. У основи, агротехничка рјешења која би помогла у одржавању оптималног удјела бијеле дјетелине су: умјерено ђубрење азотом на почетку вегетације, самозасијавање дијела травњака из године у годину (на примјер петина површине сваке године у току пет година), као и промјена начина искоришћавања испаша–косидба у току године, и из године у годину. Поред тога, испашу треба организовати до касне јесени, са нешто дужиим трајањем напасања, уз неизоставно ђубрење умјереном количином азота до почетка наредне вегетације. Производња крајњих производа, на примјер млијека, је и даље економичнија при исхрани крмом са травњака без легуминоза у односу на травно-легуминозне смјеше са бијелом дјетелином. Међутим, у будућности ће, због сличног тренда повећања цијена минералног азота и цијене млијека, смјеше са бијелом дјетелином бити све профитабилније, и реална алтернатива производњи крме са травњака без легуминоза.

Са становишта очувања животне средине, основне предности травњака са бијелом дјетелином произилазе из замјене дијела минералног азота азотом из азотофиксације, са свим предностима које носи смањена производња синтетичког азота. Губици азота путем испирања или испаравањем N_2O , метана и амонијака, при истом нивоу продукције биомасе, мањи су са

оваквих травњака, у односу на интензивно ђубрене травњаке без легуминоза.

8.4.5. Жути звјездан

Из рода *Lotus*, за производњу сточне хране, најважније врсте су жути звјездан (Сл. 8.4) и барски звјездан. У производњи крме заступљена су два типа жутог звјездана (*Lotus corniculatus* L.), усправних изданака (усправни тип раста) и полегљивог типа раста (простратум тип) (Sheldrick and Martyn 1992; Marley et al. 2005). Први тип се карактерише чвршћим, грубљим и дебљим стаблом и раностаснији је у односу на простратум тип код кога су изданци њежнији и тањи; сорте простратум типа имају и нешто дужу вегетацију. Сорте усправног типа раста намијењене су за коришћење косидбом, док су сорте положеног типа раста намијењене за травњаке који се претежно користе испашом (Ayres et al. 2006; Uzun et al. 2015). Једно од најважнијих својстава жутог звјездана је да добро успијева на сиромашнијим, плићим, чак и забареним земљиштима (Blumenthal and McGraw 1999; Diaz et al. 2005). Добро успијева на киселом земљишту рН 4,8 (Томић и сар. 2014в), али и на базним земљиштима рН 7,8 (Томић и сар. 2018б). Позитиван утицај на раст и принос жутог звјездана може имати примјена предсјетвене инокулације сјемена бактеријама из рода *Rhizobium* (Stevović et al. 2017).



Сл. 8.4. Жути звјездан (Фото Томић Д)
Fig. 8.4. Birdsfoot trefoil (Photo Tomić D)

Барски звјездан је врста која добро подноси превлаживање, и може преживјети на поплавленим травњацима и неколико недјеља (Sheldrick and

Martyn 1992; Marley et al. 2005). Биљка има јако развијене ризоми који достижу дужину до 40 цм. Барски звјездан подноси и врло кисела земљишта са рН 3,4-5,4, сиромашна у Р, К и Са (Blumenthal and McGraw 1999; Diaz et al. 2005). На киселим и слабо аерираним земљиштима барски звјездан показује боље резултате од већине других вишегодишњих легуминоза.

Сјеме жутог звјездана доста споро клија и ниче, тако да није добар конкурент широколисним коровима, као и агресивним травама (Ixtaina and Mujica 2010; Escaray 2012). Из тог разлога се у смјеси са жутиим звјезданом препоручује маџи реп, као мање конкуритивна врста трава (Gayraud 1985). У аридним подручјима препоручује се гајење звјездана и у смјеси са одговарајућим сортама јежевице, или високог вијука (Wen et al. 2002). Сјеме жутог и барског звјездана може да садржи и до 90% тзв. тврдог сјемеа (Artola et al. 2003), што такође ограничава нормално заснивање усјева.

Жути звјездан показује слабију толерантност на ниске зимске температуре и сушу у односу на луцерку. Мада је вишегодишња биљка, на травњацима који се интензивно користе опстаје најчешће 3-4 године, углавном због појаве болести и неприпремљености на ниске зимске температуре (Frame et al. 1998). Најбоље особине и трајност показује на травњацима који се у повољним агроколошким условима косе/испасају два, највише три пута (Beuselinck and Grant 1995). Смањење трајности усјева је посљедица варирања садржаја угљених хидрата у коријену, нарочито у топлим предјелима (Hunt et al. 2015). Код жутог звјездана, низак ниво резервних угљених хидрата у коријену током прољећа не обнавља се прије јесени, чак и када изостане кошење (Pelikan 2002). Због тога су ниски зелени дијелови биљака који остају послје кошења, основа за презимљавање. Код ниског кошења резерве угљених хидрата у коријену нису довољне да обезбиједе биљке резервама до појаве нових листова. Наиме, доста спора регенерација жутог звјездана након косидбе/испаше углавном се одвија активирањем бочних пупољака са основе изданка, рјеђе из пупољака крунице (MacAdam et al. 2006; Hall and Cherney 2007; Grabber et al. 2015). Стога је веома тешко организовати интензивно искоришћавање жутог звјездана, због неопходности да се остави значајан дио основе изданка са листовима (Beuselinck et al. 1984; Frame et al. 1998). Трајност жутог звјездана на травњацима може се продужити самозасијавањем, односно одлагањем косидбе/испаше у другом порасту, при чему се код одређеног дијела биљака образује сјеме (Blumenthal and McGraw 1999).

Жути звјездан се најчешће користи за пашњачке површине. Због довољног садржаја танина не изазива надун код преживара, а како се његови протеини слабо искоришћавају у бурагу од стране микроба, (танини служе као њихова

заштита), њихово искоришћавање у доњем дијелу пробавног тракта је боље у односу на протеине луцерке и црвене дјетелине (Cassida et al. 2000; Min et al. 2003; Grabber et al. 2011; Coblenz and Grabber 2013). И поред ниског приноса крме, ова биљка је захвална као компонента пашњака, јер се често након регенерације може користити до касне јесени. Жути звјездан се одликује и тиме да врло мало одбацује старе листове, тако, да се и вријеме почетка испаше може пролонгирати, без великог губитка његове хранљиве вриједности. Тиме би се уједно обезбиједило и његово самозасијавање (MacAdam et al. 2006; Cassida et al. 2000).

Жути звјездан није погодан за коришћење косидбом, јер и код усправних типова доњи дио стабла често полијеже. Његово сијено је врло квалитетно, уколико се косидба обави у вријеме почетка цвјетања (Pelikan 2002). Овакав начин коришћења се не препоручује и из разлога што се након механичке косидбе веома тешко регенерише (MacAdam et al. 2006; Marley et al. 2006).

8.4.6. Еспарзета

Истраживања усмјерена у правцу могућности увођења у пољопривредну производњу мање гајених легуминоза указала су на додатне позитивне особине еспарзете (Сл. 8.5), као веома интересантне легуминозе, нарочито за системе одрживе пољопривреде (Carbonero et al. 2011). Од бројних врста еспарзете, 19 је сврстано у гајене форме, од којих је најважнија *Onobrychis viciifolia* Scop. Еспарзета добро подноси веома различите земљишне и климатске услове, тако да се може гајити од топлих медитеранских подручја до хладнијих континенталних, са оштрим зимама (Bhattarai et al. 2016). Ова врста може се гајити на неутралним до слабо алкалним земљиштима (Frame 2005), док заслањена и превлажена земљишта не подноси (Sheldrick et al. 1987). Захваљујући добро развијеном, дубоком коријеновом систему, доста је толерантна на сушу, али се принос суве материје и перзистентност могу јако смањити након неколико изразито сушних година (Biliget et al. 2014). Еспарзета је позната као биљка која релативно добро подноси ниске температуре (Meyer and Badaruddin 2001); сорте еспарзете селекционисане у Канади имају одличну отпорност на ниске зимске температуре (Goplen et al. 1991). Позитивна особина еспарзете је и њена релативно добра отпорност на већи број биљних болести и штеточина, осим трулежи коријена изазване фитопатогеним гљивама *Sclerotinia* и *Fusarium* (Eken et al. 2004).

Проблеми у производњи сјемења еспарзете углавном су повезани са биологијом цвјетања и оплодње, односно неуједначеним развојем цвјетова, што се одражава и на неуједначено сазријевање сјемења (Stevović et al.

20126). У вези са тиме су и прилично велики губици сјемена у току жетве, тако да принос сјемена јако варира; најчешће износи 500–700 кг ха⁻¹ (Gorlen et al. 1991), али и преко 1.500 кг ха⁻¹ (Hanna et al. 1972).

Количина сјемена у сјетви зависи од низа чинилаца: величине сјемена, да ли је сјеме са махуном или без ње, типа земљишта, стања влажности, намјене усјева, као и начина сјетве (Bhattarai et al. 2016). Стога се количине сјемена крећу у веома широком опсегу од 14 кг ха⁻¹ до 50 кг ха⁻¹ очишћеног сјемена, па чак до 120 кг ха⁻¹ сјемена у махуни. Сјетва еспарзете обавља се на међуредном растојању од 12,5 до 25 цм, на дубину 2–3 цм (Stevović et al. 20126). Количина сјемена, односно једносјемених махуна за производњу биомасе, износи 150–180 кг ха⁻¹, а за производњу сјемена 90–110 кг ха⁻¹ (Ђукић и сар. 2009).

Приноси суне материје еспарзете генерално су значајно нижи у односу на водеће крмне легуминозе, луцерку и црвену дјетелину (Gorlen et al. 1991). Често се, нарочито на травњацима који се користе испашом, еспарзета сије заједно са травама (вијуци, мачји реп), (Frame et al. 1998) у односу еспарзета : траве, 1:1 до 2:1.



Сл. 8.5. Еспарзета
(Фото Стевовић В)

Fig. 8.5. Sainfoin
(Photo Stevović V)

Хранљива вриједност еспарзете упоредива је са хранљивом вриједношћу најважнијих крмних легуминоза. У погледу садржаја сирових протеина, сирових влакана и минералних материја, еспарзета је у сличном стадијуму развоја незнатно лошија од луцерке (Ditterline and Cooper 1975). Међутим, њена конзумација у односу на луцерку у исхрани оваца је доста већа (29%) (Karnazos et al. 1994), јер је крма еспарзете у односу на крму луцерке, као и већине других легуминоза, далеко укуснија (Parker and Moss 1981, Khalilvandi-Behroozyar et al. 2010). Индекс укусности еспарзете је 2,7 пута већи у односу на луцерку (Parker and Moss 1981; Khalilvandi-Behroozyar et al. 2010). Мада дјелује грубо, њено стабло је далеко укусније и сварљивије у односу на стабло осталих крмних легуминоза, тако да је и дневни прираст код

преживара при исхрани еспарзетом доста већи у односу на исхрану луцерком.

Еспарзета има нижи почетни степен дигестије у бурагу у односу на луцерку, чиме се дјелимично може објаснити њена особина да не изазива надун (Coulman et al. 2000). Она се одликује средњим садржајем кондензованих танина, који се иначе сматра оптималним (Wang et al. 2015). Поред улоге да штите протеине у бурагу, танини такође имају и антимикробно дјеловање, нарочито на бактерију *E. coli* (Hassanpour et al. 2011).

Већина сорти еспарзете показује веома ниску компетитивну способност. Еспарзета се одликује и релативно слабом способношћу регенерације у односу на луцерку, тако да на травњацима гдје се налази заједно са луцерком врло брзо бива потиснута (Jefferson et al. 1994; Acharya et al. 2013). Као резултат селекције на компетитивну и регенеративну способност, у Канади су створене сорте еспарзете које се веома добро одржавају у травним смјешама (Acharya 2015).

Смањење површина под еспарзетом у Европи однедавно је прилично изражено (Vorreani et al. 2003). Основни разлози су њен релативно низак принос суве материје у односу на луцерку, слаба способност регенерације, као и перзистентност. У системима одрживе пољопривреде, нарочито на пашњачким површинама гдје се налази и луцерка, ова врста требала би бити заступљена у одговарајућем обиму. Стога би селекцију еспарзете требало усмјерити у правцу стварања сорти са већим потенцијалом за принос суве материје, отпорних на болести, нарочито коријена и крунице, а тиме и перзистентнијих, отпорнијих на механичке повреде (гажење), израженијих компетитивних способности, као и брзине регенерације.

8.4.7. Циљеви оплемењивања вишегодишњих легуминоза

Мада су код сваке врсте вишегодишњих крмних легуминоза истакнути основни циљеви оплемењивања у наредном периоду, у овом дијелу ће укратко бити истакнуто неколико битних напомена, односно специфичности селекције.

Код већине вишегодишњих крмних легуминоза и у садашњим програмима оплемењивања, основни циљ је принос биомасе, тако да су сорте које се одликују брзим порастом основни материјал у многим програмима оплемењивања (Capstaff and Miller 2018). У непосредној вези с тиме, проучавања у овој области усмјерена су на вријеме цвјетања, као и регулацију фенофазе цвјетања (Shinozuka et al. 2012). Избор генотипова који

се одликују продуженом вегетацијом (одложени период мировања), још је један од начина повећања потенцијала за принос биомасе (Capstaff and Miller 2018).

Међутим, селекција на принос *per se* код неких врста вишегодишњих крмних легуминоза није увијек примарни циљ. У великој мјери циљеви селекције, односно модел сорте, зависе од начина искоришћавања. На примјер, код бијеле дјетелине која је углавном намијењена за травно-легуминозне смјеше, циљ селекције је стварање сорти које се одликују што мањим варирањем у приносу биомасе у току сезоне, као и што дужом вегетацијом, нарочито ако се травњак у посљедњем порасту користи испашом (Abberton et al. 2006). Како се ова биљка углавном сије у смјеси са травама, ни садржај протеина није један од циљева селекције, с обзиром на то да је у укупној крми травњака удио протеина задовољавајући са аспекта оптималног односа угљени хидрати : протеини, уколико је заступљеност бијеле дјетелине у току вегетационе сезоне у просјеку на нивоу око 30% (Abberton and Marshal 2005).

8.4.8. Значај вишегодишњих легуминоза у обезбјеђењу сточне хране са травњака

Висока хранљива вриједност, сварљивост као и укусност (апетитбилност) крме легуминоза, чине је незамјенљивом у системима производње сточне хране. Поред тога, повећан је интерес и за споредне дијетарне карактеристике њихове крме, нарочито оне које повољно утичу на здравствено стање домаћих животиња (Mortimer et al. 2006). Међутим, значајан допринос легуминозних биљака у исхрани домаћих животиња огледа се у могућностима искоришћавања хранива из крме, као и одређеним карактеристикама система производње, нарочито вишегодишњих смјеша крмних легуминоза и трава. Наиме, у таквим смјешама удио легуминозних биљака у укупној крми варира, како између тако и у току исте сезоне гајења, што се одражава и на хранљиву вриједност крме. Поред тога, одређене врсте легуминоза не подносе неке од начина искоришћавања, нарочито испашу, тако да се њихов удио у крми пашњака током сезоне може значајно смањити.

Мада крмне легуминозе садрже висок ниво протеина, њихов значајан дио се губи у току варења хране. Системи производње који садрже легуминозе такође се одликују значајним губицима азота усљед испирања у дубље слојеве земљишта, као и путем екскремената животиња на паши, нарочито урина. И поред ових ограничења, крмне легуминозе, као високопротеинске биљке, представљају основу одрживих система производње сточне хране (Frame et al. 1998). У прилог томе треба навести чињеницу да се производња

протеина може повећати примјеном већих количина синтетички добијених азотних ђубрива, чиме би се повећала продукција травних компоненти, као и садржај протеина у њиховој крми, али је то економски мање исплативо и неприхватљиво са становишта очувања животне средине (Wilkins and Jones 2000). Веома раширен начин производње сточне хране у протеклом периоду, који је подразумијевао употребу великих количина синтетичких ђубрива, већег удјела конзервисаних хранива, редуковану испашу и шталски начин гајења, морао би се постепено мијењати коришћењем травњака испашом, при чему би у таквом систему искоришћавања, нарочито уз веће учешће легуминозних биљака, интеракција између домаћих животиња, пашњака и животне средине у најширем смислу у великој мјери утицала на продуктивност, здравствени статус животиња, као и одрживост екосистема у цјелини (Rochon et al. 2004).

Као потврда незамјенљиве улоге легуминозних биљака у обезбјеђењу квалитетне крме, независно од начина искоришћавања, служи и модел анализа продуктивности и профитабилности система искоришћавања трава и легуминозних биљака као силаже (Торр and Doyle 2004). Наведени аутори су, на основу модела предвидјели да би, на примјер, црвена дјетелина, било као чист усјев или у смјеси са травама, далеко превазишла све системе силажног начина искоришћавања чистих трава, иако су количине примијењених азотних ђубрива код посљедњих износиле и 400 кг N ха⁻¹ годишње. Према предвиђањима Торр and Doyle (2004), луцерка и бијела дјетелина у овом систему искоришћавања такође би превазишле системе чистих трава ђубрених са 200 кг N ха⁻¹ годишње. Насупрот њима, системи који су укључивали жути звјездан и галегу (*Galega orientalis* Lam.) били су економски и продуктивно мање вриједни. Међутим, Collins et al. (2006), напомињу да постоје велике празнине у садашњим сазнањима о екофизиологији жутог звјездана и галеге, што може да утиче на овакву процјену њихове вриједности.

У пашњачким системима искоришћавања травњака, на подручју Европе са умјерено континенталном и континенталном климом, незамјенљива легуминоза је бијела дјетелина, која је, као врста, морфолошки прилагођена оваквом начину искоришћавања. Типови бијеле дјетелине који формирају већи број столона отпорнији су на гажење, најчешће имају и ситнији лист, јер су ове особине у негативној корелацији. Код травњака који се користе само косидбом или комбиновано (косидба – испаша), прихватљивији су типови бијеле дјетелине средњих, односно крупнијих листова, који образују мање столона. Удио бијеле дјетелине у системима који се користе косидбом или комбиновано, као и испашом уз услов да се обавезно морају организовати

прегони, при чему се мора оставити довољно времена за регенерацију, може се одржати дужи низ година на задовољавајућем нивоу, односно на око 30% (Williams et al. 2000; Williams et al. 2003).

Насупрот бијелој дјетелини, луцерка и црвена дјетелина нису нарочито погодне за пашњачки начин искоришћавања, због успореног пораста и слабе регенеративне способности оштећених дијелова биљке (Rochon et al. 2004). Због тога је и селекција, нарочито код луцерке, усмјерена једним дијелом на стварање варијетета који подносе испашу (Smith et al. 2000; Pecetti et al. 2006; Humphries et al. 2006). Сагласно овом циљу, већ су одабране форме са круницом која се дубље формира и које имају положен тип раста (Pecetti et al. 2006). Да би се побољшала перзистентност црвене дјетелине на пашњацима, селекција код ове врсте усмјерена је на избор гермплазме која се одликује формирањем већег броја адвентивних коријенова јер се, поред веће регенеративне способности, такве форме одликују и већом отпорношћу на трулеж коријена (*Sclerotinia trifoliorum*), основном болешћу која је узрок њене слабе трајности (Christie and Martin 1999).

Жути звјездан, као врста која је прилагођена нашим агроеколошким условима, не одликује се добром регенеративном способношћу, било да се користи за испашу или косидбу. Нарочито слабу регенеративну способност након испаше показују типови усправног раста (Collins et al. 2006). Резултати огледа са сортама простратум типа раста указали су на њихову бољу регенеративну способност (Marley et al. 2006). У односу на друге легуминозе, врсте жутог звјездана посједују неколико позитивних агрономских и нутритивних особина, као што су већа толерантност на недостатак биљних хранива нарочито фосфора, као и на недостатак воде у земљишту (Hopkins et al. 1996). Њихова најважнија нутритивна особина је виши садржај кондензованих танина у свим дијеловима биљке у односу на друге легуминозе, као и висока сварљивост. Мада се жути звјездан одликује недовољном перзистентношћу и слабом компетитивном способношћу, ова врста би се могла укључити у травно-легуминозне смјеше на земљиштима мање погодним за гајење осталих легуминоза, чак и за бијелу дјетелину (Collins et al. 2006).

8.5. Једногодишње легуминозе

Једногодишње легуминозе представљају једну од најзначајнијих група биљака у системима конвенционалне пољопривредне производње и неизоставну компоненту система одрживе пољопривреде, односно органске производње. Захваљујући високој варијабилности у најважнијим

агрономским особинама унутар родова, као и самих врста једногодишњих крмних легуминоза, ова група крмних биљака може се гајити у различитим агроеколошким условима, искоришћавати на различите начине, као и гајити за различите намјене. Висок садржај протеина у крми и зрну, уз повољан аминокиселински састав, чини ову групу крмних биљака незамјенљивом у задовољењу потреба домаћих животиња за висококвалитетном кабастом и концентрованом храном (Mihailović et al. 2007).

Већом заступљеношћу једногодишњих легуминоза у плодореду може се обезбиједити, не само повећање производње квалитетне крме и зрна, већ и смањење притиска на природне ресурсе. Повећање површина под овим биљкама нарочито је значајно за системе одрживе, односно органске пољопривреде (Annicchiarico et al. 2017). Гајењем једногодишњих легуминоза обезбјеђује се високопротеинска крма, уз низ погодности за екосистем, као што су ефикасно искоришћавање ресурса и енергије, нижа емисија гасова стаклене баште и повећање плодности земљишта (Nemesek et al. 2008; Cellier et al. 2015).

Када се гаје за сточну храну, једногодишње легуминозе, као што су зелена крма, сијено, брашно, зрно, слама, силажа или сјенажа, могу се искористити на различите начине, док се поједине врсте, као што су грахорице, могу користити и као компонента пашњака (Mikić et al. 2006). У производњи крме на подручју Републике Српске, највише су заступљени грашак и грахорице (Гатарих и сар. 2014).

У групу једногодишњих крмних легуминоза које се већ гаје, или могу бити интересантне у савременим системима производње крме, убрајају се: грахорице (*Vicia* spp. L.), озими сточни грашак (*Pisum sativum* ssp. *arvense* L.), јари протеински грашак (*P. sativum* L. *partim*), крмни боб (*Vicia faba* var. *equina* Pers.), лупине (*Lupinus* spp. L.), соја (*Glycine hispida* Max.) и вигна (*Vigna sinensis* L.). Поред донедавно далеко више гајених врста, као што су сочиво (*Lens culinaris* Medik.), састрица (*Lathyrus sativus* L.) и уров (*Vicia ervilia* L. (Sweet)), позитивни резултати прелиминарних огледа са врстама, као што су кајан (*Cajanus cajan* L. (Millsp.)), бијела лупина (*L. albus* L.), усколисна лупина (*L. agustifolius* L.), нарборска грахорица (*Vicia narborensis* L.) и вигна (*Vigna unguiculata* L.), указују на могућност њиховог увођења у системе производње сточне хране и/или зеленишног ђубрења (Uzun et al. 2004).

Захваљујући високом садржају протеина у крми, грашак, грахорице, лупине и боб су у погледу обезбјеђења биљних протеина у исхрани домаћих животиња економски најзначајније једногодишње легуминозе (Mihailović et al. 2005b). Поред производње крме, ова група биљака све више се користи и

за зеленишно ђубрење. Биомаса једногодишњих легуминоза брже се разграђује у земљишту у односу на биомасу других биљака, као што су жита или купусњаче, остављајући наведеним усјевима чак и до 100 кг ха⁻¹ N (Čuvarđić 2006). Веома је значајна и њихова вриједност у очувању структуре земљишта, спречавању ерозије, као и сузбијању корова (Schoofs and Entz 2000; Čurina et al. 2004).

Јари протеински грашак, соја, крмни боб, бијела слатка лупина, гаје се, прије свега, за зрно. У зависности од врсте, садржај сирових протеина у зрну креће се од 22 до 40%. Зрно ових биљака, нарочито зрно соје, грашка и боба има изузетну улогу у исхрани људи. Такође, њихово зрно има нарочит значај као компонента концентрованих хранива за животиње.

Као споредни производ у производњи сјемена, слама једногодишњих легуминоза, нарочито грахорица и сточног грашка, може да се употреби у исхрани домаћих животиња. Њихова слама садржи 8–14% сирових протеина; поређења ради, у грашковој слами има три пута више сирових протеина у односу на сламу овса (Ђукић и сар. 2009).

Однедавно се једногодишње легуминозе све више гаје у системима органске производње и одрживе пољопривреде као покровни усјеви (малчеви). Уз низ предности по екосистем у цјелини, економски ефекти у њиховом гајењу такође нису занемариви (Čurina 2004).

У ери зелене револуције, гајење једногодишњих легуминоза било је прилично ограничено, углавном због велике употребе синтетичких минералних ђубрива. Сазнања о штетном утицају нарочито синтетичких азотних ђубрива на физичке, хемијске и биолошке особине земљишта, као и појачано загађење агроекосистема и животне средине у цјелини (емисија штетних гасова, хемијско загађивање земљишта), повратила су интересовање за гајење нарочито једногодишњих легуминоза као компоненте интензивних плодореда (McCartney and Fraser 2010).

8.5.1. Захтјеви једногодишњих легуминоза према условима за успијевање

У погледу захтјева према топлоти, грашак, боб и плава лупина су биљке сјевернијег, хладнијег и влажнијег поднебља, док су соја, вигна, бијела и жута лупина биљке умјерено топлог поднебља. Према времену сјетве, једногодишње легуминозе могу да се подијеле на озиме (крмни грашак, грахорице и боб у јужним, топлијим предјелима) и прољећне или јаре. Крмне

легуминозе прољећне сјетве такође могу да се подијеле у двије групе, и то: врсте ране прољећне сјетве (јара грахорица, јари грашак, јари боб и плава лупина) и средње прољећне сјетве (бијела и жута лупина).

Највеће потребе за водом испољавају крмни грашак, боб и плава лупина, тако да се ове биљке више гаје у сјевернијим подручјима. Соја, жута лупина и бијела лупина имају умјереније потребе према води. Сагласно томе, грашак, боб и плава лупина имају дужи критични период за водом, који практично траје цио вегетациони период. Соја има критични период за водом на почетку вегетације, а потом у вријеме цвјетања и наливања зрна. Грашак, боб и плава лупина врло су осјетљиви према суши, док соја доста добро подноси краткотрајну сушу.

Све зрнене легуминозе, осим плаве лупине, требало би гајити на најбољим земљиштима. Највеће захтјеве за земљиштем има соја, док сточни грашак може да се гаји и на лакшим земљиштима, уколико су довољно влажна. Јаре сорте крмног грашка могу се успјешно гајити на земљиштима киселе реакције (Vokan et al. 2013). Овим биљкама највише одговарају дубока, растресита и плодна земљишта, неутралне реакције. За њих су најбоља земљишта на којима добро успијева озима пшеница. Насупрот њима, крмни боб добро подноси тежа земљишта. За разлику од ових биљака, лупинама одговарају растресита, пјесковита земљишта. Лупине добро успијевају на нешто киселијим земљиштима, док слабије подносе алкална земљишта.

Зрнене махунарке се, по правилу, гаје као компоненте плодореда, врло ријетко као непрекидне монокултуре, јер су осјетљиве на велики број земљишних болести и штеточина, у најмањој мјери као и било која друга гајена биљка. Треба избјегавати гајење једногодишњих крмних легуминоза послје других легуминозних биљака. На истој површини могу да се гаје након 3–4 године. У плодореду могу доћи иза сваког усјева, мада су најпогоднији предусјевни окопавине. Једногодишње легуминозе су веома добри предусјевни за све њивске биљке, нарочито за жита.

8.5.2. Сточни грашак

У роду *Pisum* постоје двије гајене подврсте грашка. У прву подврсту *Pisum sativum* ssp. *sativum* L. убрајају се сорте грашка које се гаје за људску исхрану, док је подврста *P. sativum* ssp. *arvense* L. позната као сточни грашак (Слика 9.6). У оквиру сточног грашка постоје озиме сорте, које се гаје за производњу квалитетне волуминозне сточне хране и јаре сорте *P. sativum* L. *partim* које се најчешће гаје у чистој сјетви за производњу зрна.

У односу на сорте са уобичајеним обликом листа, код неких сорти грашка лисни залисци су добро развијени, док су лиске трансформисане у вршике (афила – тип, *af* гени). Лисна површина сорти афила типа смањена је за око 40%, тако да се сорте овог типа листа одликују повећаном отпорношћу према полијегању, бољом пенетрацијом сунчеве свјетлости и повећаном фотосинтетском активношћу. Код треће групе сорти, лисни залисци су рудиментирани, лиске трансформисане у вितिце, тако да биљка добија изглед као да је без листова (*af* и *st* гени).



Сл. 8.6. Сточни грашак (Фото Стевовић В)
Fig. 8.6. Forage peas (Photo Stevović V)

Озими грашак сије се на међуредном растојању од 20 цм, са бројем биљака односно клијавих зрна од 100 до 120 м⁻². За јаре сорте грашка, при међуредном растојању од 20 цм, оптимална густина усјева је око 100 зрна м⁻². Сјетва крмног грашка у смјеши са озимим или јарим стрним житима спроводи се најчешће у сразмјери 1 : 0, 15–0,20 грашак : стрнина, у односу на број биљака чистих усјева. Оптимална дубина сјетве грашка је 3–5 цм.

Сточни грашак из чисте сјетве или смјеше са стрним житима може да се користи као квалитетна зелена сточна храна (Stevović i sar. 2005в, 2006б), рјеђе за спремање сијена кошењем у фази цвјетања и формирања првих махуна. За спремање силаже, кошење би требало обавити у фази млијечно-воштане зрелости зрна, при садржају суве материје 25–30%. Зрно грашка

садржи мали удио трипсин инхибитора, тако да није неопходно да се за исхрану домаћих животиња прије употребе термички обрађује.

8.5.3. Грахорице

У роду *Vicia* L. највећи агрономски значај имају обична грахорица (*Vicia sativa* L.), маљава грахорица (*V. villosa* Roth.) и панонска грахорица (*V. pannonica* Grantz). Обична грахорица је претежно јари усјев, мада може да се гаји и као озими. Насупрот њој, маљава и панонска грахорица гаје се као озими усјеви. Због висине стабла и осјетљивости на полијегање, обична грахорица се за производњу биомасе гаји у смјеши са стрним житима као потпорним биљкама. Маљава грахорица је такође веома осјетљива на полијегање. Стабло панонске грахорице је грубље, чвршће и отпорније на полијегање, тако да може да се гаји и без потпорног усјева.

Озима грахорица подноси ниске температуре до $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$, а јара толерише -7 до $-8\text{ }^{\circ}\text{C}$. Маљава грахорица подноси ниске температуре до $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, док панонска грахорица може да поднесе и $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Грахорице се сију ускоредно 12–20 цм, на дубину 3–5 цм. За производњу сјемена (чиста сјетва или у смјеши), међуредно растојање је 30–50 цм. С обзиром на то да су грахорице осјетљиве на полијегање, за производњу биомасе сјетва се обавља у смјеши са озимим или јарим стрним житима (овас, пшеница, јечам или тритикале). У смјешама са стрним житима, оптимална заступљеност грахорица треба да буде 75 биљака m^{-2} , а стрних жита 125 биљака m^{-2} .

Усјев грахорица, или њихових смјеша, намијењен за исхрану домаћих животиња зеленом крмом, може да се коси неколико дана прије почетка цвјетања. Кошење за производњу сијена обавља се када је усјев у пуном цвјетању. Усјев намијењен за спремање силаже (смјеша грахорица – стрна жита) може да се коси у фази млијечно-воштане зрелости зрна стрнина, односно при садржају суве материје крме 25–30%.

8.5.4. Боб

Гајене форме боба припадају врсти *Vicia faba* L. Према крупноћи и облику сјемена, ова врста дијели се на три варијетета, и то: ситносјемени (*V. faba* var. *minor* L.), средње крупносјемени (*V. faba* var. *equina* L.) и крупносјемени боб

(*V. faba* var. *major* L.). Према захтјевима за топлотом, постоје озиме и јаре сорте сточног боба.

Сточни боб (Сл. 8.7) има способност разграђивања у основи, тако да може имати већи број стабала по биљци. Због овог својства, за озиме форме оптимална густина сјетве је 20–25 сјемена м⁻². За разлику од озимих, јаре форме сточног боба се не разграђивају, тако је оптималан број 40–50 биљака м⁻². Уколико је усјев намијењен за производњу биомасе, број биљака може се повећати, најчешће 70–75 м⁻². У зависности од земљишних услова и крупноће сјемена боба, минимална дубина сјетве је 5–6 цм, на лакшим земљиштима 7–10 цм. За искоришћавање као зелене сточне хране, кошење боба обавља се до почетка формирања првих махуна. За спремање силаже, кошење треба обавити у вријеме почетка сазријевања првих, доњих махуна.



Сл. 8.7. Крмни боб (Фото Стевовић В)

Fig. 8.7. Broad bean (Photo Stevović V)

8.5.5. Лупине

Из рода *Lupinus* за производњу кабасте сточне хране и зрна као компоненте концентрованих хранива, највећи значај имају бијела лупина (*Lupinus albus* L.), жута лупина (*L. luteus* L.) и плава лупина (*L. angustifolius* L.). Сви дијелови биљке садрже различите алкалоиде (*lupinin*, *lupinidin*, *lupanin*, *oxlupanin*, *icterogen*), који су непожељни у кабастој и концентрованој храни, углавном због горког укуса. Као резултат оплемењивања, селекционисане су тзв. слатке лупине без алкалоида, које су истовремено и толерантне према

најважнијим болестима. Зрно ових сорти може да се без негативних посљедица користи за људску исхрану или као компонента концентрованих хранива за исхрану домаћих животиња.

У односу на друге врсте лупина, бијела лупина (Сл. 8.8) боље подноси кречна земљишта. За производњу биомасе за зеленишно ђубриво, сјетва бијеле лупине обавља се врстачно 30–50 цм, са 100–180 кг ха⁻¹ сјемена. За производњу сјемена, сјетва се обавља врстачно 50–70 цм са количином сјемена 80–120 кг ха⁻¹.

Плава лупина је погодна за производњу зеленишног ђубрива, као и за производњу зрна за исхрану домаћих животиња. За производњу зелене сточне хране или биомасе за заоравање, сјетва плаве лупине обавља се врстачно 20–40 цм са 80–120 кг ха⁻¹ сјемена. За производњу зрна, сјетва се обавља врстачно на 40–60 цм, са 60–80 кг ха⁻¹ сјемена, на дубину од 4 до 7 цм. Сорте бијеле лупине, у сушним условима на киселом земљишту на подручју Чачка, оствариле су веома ниске приносе зрна (Stevović i sar. 2019).



Сл. 8.8. Бијела лупина (Фото Томић Д) Сл. 8.9. Соја (Фото Томић Д)

Fig. 8.8. White lupin (Photo Tomić D) Fig. 8.9. Soybean (Photo Tomić D)

Жута лупина најчешће се користи за производњу биомасе за заоравање, утолико прије што добро успијева на сиромашнијим земљиштима. Гаји се и за производњу зрна које се користи за исхрану домаћих животиња, дјелимично и за људску исхрану. За производњу кабасте сточне хране, или биомасе за зеленишно ђубриво, сјетва жуте лупине обавља се врстачно на 20–30 цм, са 70–110 кг ха⁻¹ сјемена. За производњу зрна, сјетва се обавља на 30–50 цм међуредно, са количином сјемена 50–70 кг ха⁻¹, на дубину 3–6 цм.

8.5.6. Соја

Соја (*Glycine hispida* Max.) је једна од најважнијих зрнених махунарки (Сл. 8.9). Поред тога, ова биљка може да оствари висок принос биомасе за силажу, нарочито из пострне сјетве у условима наводњавања, када се биомаса соје најчешће мијеша са биомасом кукуруза из, такође, пострне сјетве. За производњу крме нарочито су погодне сорте соје које су добро обрасле листовима. У заснивању усјева соје намијењеном производњи биомасе, број клијавих сјемена m^{-2} може да се повећа за неколико процената у односу на количину сјемена потребну за заснивање усјева за производњу зрна.

Земљишта на којима није гајена соја, углавном не садрже сојеве квржичних бактерија *Bradyrhizobium japonicum*, тако да их је потребно унијети инокулацијом сјемена непосредно пред сјетву микробиолошким препаратом. Соја се може успјешно гајити на киселом земљишту лошијег механичког састава уз повољне метеоролошке услове, односно уз одржавање довољне влажности у фази цвјетања и заметања плодова (Тотић и сар. 2019).

Усјев намијењен за производњу зелене сточне хране се може користити од фазе почетка цвјетања до пуног цвјетања, односно до почетка формирања махуна. За спремање силаже, соја може да се коси у фази почетка формирања зрна, када је садржај суве материје у биљци 28–32%. У пострној сјетви, у условима наводњавања и при оптималној густини усјева, соја може да оствари принос суве материје 6–9 т ха⁻¹.

Због специфичног укуса и могућих поремећаја у дигестивном тракту, биомаса соје за спремање силаже треба да се користи у смјеси са биомасом кукуруза, крмног сирка, или са другим врстама нелегуминозних кабастих хранива.

8.5.7. Вигна

У Републици Српској, вигна (*Vigna sinensis* (L.) Savi) је још увијек недовољно позната легуминозна крмна биљка. Вигна је топлољубива биљка, са умјереним захтјевима према води. Скромних је захтјева према земљишту, тако да може да успијева на скоро свим типовима.

За производњу зрна, као компоненте концентрованих хранива, сјетва вигне обавља се на међуредном растојању 50–80 цм, а за производњу биомасе на растојању од 40 до 60 цм. Количина сјемена креће се од 30 до 60 кг ха⁻¹ за зрно, односно 60–120 кг ха⁻¹ за крму.

Вигна се најчешће гаји као чист усјев. За производњу биомасе може се гајити у смјеси са кукурузом, крмним сирком или суданском травом. С обзиром на то да је вигна скромних захтјева према свјетлости, сјетва може да се обави у истом реду, или у наизмјеничне редове, или траке. Уколико се вигна гаји са кукурузом (сјетва у траке или наизмјеничне редове), крмним сирком или суданском травом, потребно је 30–60 кг ха⁻¹ сјемена вигне, и 15–25 кг ха⁻¹ сјемена сирка или суданске траве.

У повољнијим условима, након кошења у ранијој фази пораста и развића биљака на висини 10 цм изнад површине земљишта, до краја вегетације вигна може да се регенерише (други пораст). Због дугог периода цвјетања и неуједначеног сазријевања махуна, жетва усјева вигне намијењеног производњи сјемена је доста отежана.

8.5.8. Циљеви оплемењивања једногодишњих легуминоза

У оплемењивању озимих и јарих форми грашка и грахорице намијењених производњи крме, основни циљ је и даље повећање приноса суве материје, јер се ове врсте истовремено могу користити и за зеленишно ђубрење (Mihailović et al. 2006). Принос суве материје крме грашка код таквих сорти треба да буде на нивоу од 9 т ха⁻¹, а код грахорица око 8 т ха⁻¹, са просјечним садржајем протеина 200 г кг⁻¹ суве материје код крмног грашка, односно 220 г кг⁻¹ суве материје код грахорице (Mihailović et al. 2006). Стабилност приноса по годинама такође је један од циљева оплемењивања; варирање у овом погледу не би требало да буде веће од 20%, уз задовољавајући принос сјемена, чија цијена је код ових врста такође важан чинилац економичности производње. Пожељно је да нове сорте за крму имају повећану висину стабла, умјерен број изданака, као и већи удио листа у биомаси, који би се постигао повећањем броја интернодија или увођењем гена за акација тип листа (*t/l* гени) (Mihailović and Mikić 2004).

Код грашка за производњу зрна, поред повећања потенцијала за принос, који би требао да буде изнад 4,5 т ха⁻¹, садржај протеина у сувој материји зрна не би требало да буде нижи од 250 г кг⁻¹, уз задовољавајућу масу 1.000 зрна (150–250 г) и, у нашим агроеколошким условима, вријеме зрења прије зрења озиме пшенице (Mihailović et al. 2006). Још један правац у оплемењивању грашка и грахорице, непосредно повезан са поменутиим циљем, јесте стварање озимих и јарих сорти које се одликују комбинованим својствима, односно које могу да се користе за производњу крме и зрна и које, поред

високог потенцијала за принос, у зрну садрже минималне количине антинутритивних супстанци (Mihailović et al. 2005a).

У оплемењивању на отпорност према штеточинама нарочито је важно увођење отпорности на грашковог жишка (*Bruchus pisorum* L.), путем међуврсне хибридизације са црвено-жутим грашком (*Pisum fulvum* Sibth.) као очинском компонентом (Byrne et al. 2004). Селекција озимих сорти уско је повезана са отпорношћу на ниске температуре, док је отпорност на сушу интегрални дио свих програма оплемењивања, нарочито јарих форми.

8.5.9. Једногодишње легуминозе као чисти усјеви

Грашак и обична грахорица се већ деценијама гаје као једногодишње крмне биљке за зелену крму или сијено у многим регионима умјереног климата, са просјечним приносом суве материје око 7 т ха⁻¹ (Mihailović et al. 2007). Поред ове двије традиционалне крмне легуминозе, треба напоменути да се, на примјер, крмни боб одликује већим потенцијалом за принос од њих (преко 10 т ха⁻¹ суве материје). Маљава грахорица је сличних перформанси као и грашак и обична грахорица. Са приносима од 8 т ха⁻¹ суве материје и суптропске гајене биљке, као што су вигна и кајан (*Cajanus cajan* L. (Millsp.)), завређују пажњу као врсте веома отпорне на стрес изазван сушом и високим температурама. У условима умјереноконтиненталне климе приноси зрна сточног грашка и боба могу бити и преко 5 т ха⁻¹. Садржај сирових протеина у крми већине једногодишњих легуминоза у фази почетка формирања махуна креће се око 200 г кг⁻¹ суве материје, при чему у истим агроеколошким условима грахорице често надмашују грашак и боб (Mihailović et al. 2007).

Из групе једногодишњих крмних легуминоза, грашак и обична грахорица (*Vicia sativa*) су врсте које су највише заступљене у производњи у Републици Србији (Mihailović et al. 2005b), гдје се гаје као озими или јари усјеви. На основу резултата пољских огледа са сортама озимог и јарог грашка и озиме и јаре грахорице, Mihailović et al. (2006) наводе да су, у просјеку, за двије године приноси суве материје јарог и озимог грашка и озиме грахорице били већи у односу на јаре сорте грахорице, као и да су унутар ових група постојале значајне разлике између сорти. Аутори истичу да су за релативно кратак период вегетације јаре форме грахорице испољиле значајан потенцијал за принос крме, упоредив са приносом крме озимих грахорица.

Грахорице су, поред крмног грашка, највише гајена врста једногодишњих легуминоза у умјереноконтиненталном и медитеранском појасу Европе. Њихова намјена је углавном производња крме односно сијена, силаже

(самостално или у смјеши са житима), као и гајење за зеленишно ђубрење. Панонска грахорица је озима врста, која се најчешће гаји у подручјима са хладнијим зимама. Претходне студије указале су да број биљака по јединици површине панонске грахорице у највећој мјери одређује принос крме (Türk 1999, Seymour et al. 2002). Двогодишњи огледи са сортама панонске грахорице, засијаних са количинама сјемена 20, 40, 80 и 160 кг ха⁻¹ потврдили су резултате претходних истраживања, наиме да су се повећањем количине сјемена по јединици површине, приноси зрна и крме значајно повећавали до нивоа 80 кг ха⁻¹, док даље повећање количине сјемена није значајно утицало на висину приноса (Uzun et al. 2004).

У хладнијим сјевернијим подручјима Канаде, сточни грашак и грахорица су у погледу приноса суве материје крме показали боље резултате у односу на друге једногодишње легуминозе, док су се грахорице боље показале у ариднијим условима (Fraser et al. 2004). Аутори такође указују на њихов значај као прве зелене крме у љето (из јесење сјетве), или као посљедње у касну јесен (из прољећне сјетве).

На основу резултата пољских огледа са сортама грашка, обичне грахорице, боба, састрице и бијеле лупине, Mihailović et al. (2006) наводе да су највећи приноси постигнути са сортама грашка. За разлику од приноса суве материје, највећи потенцијални принос протеина утврђен је, у просјеку, код сорти лупине. Сагласно томе, сорте лупине имале су и значајно већи принос азота у односу на остале врсте. Mihailović et al. (2006) истичу да су приноси суве материје, као и приноси протеина, код свих врста добијени за релативно кратак период вегетације.

Упоређујући принос и квалитет суве материје крме код соје и вигне током три године на подручју сјеверне Флориде, Foster et al. (2009) закључили су да соја и вигна посједују висок потенцијал за принос крме веома добре хранљиве вриједности, при чему је принос протеина код соје био већи у односу на вигну.

У изузетно арадним условима (200–350 мм падавина годишње), резултати пољских огледа са обичном грахорицом, нарбонском грахорицом и састрицом, показали су да је отпорност на ову врсту стреса најизраженија код узорака нарбонске грахорице и састрице (највећи принос суве материје крме и сјемена), што указује на њихову отпорност на недостатак воде у земљишту (Larbi et al. 2010).

Berger et al. (2002) анализирали су више од 100 врста грахорица, са циљем да одреде најважније адаптивне особине које одређују њихову агрономску вриједност, односно потенцијал за принос крме и сјемена. У огледу

постављеном у аридним условима (око 300 мм воденог талога на нивоу вегетационе сезоне) најбоље резултате у погледу потенцијала за принос сјемена, суве материје крме, као и биолошког приноса, имали су узорци *Vicia narborensis* ssp. *aegyptiaca* L. Поред тога, изузетно висок потенцијал за биолошки принос у фази погодној за зеленишно ђубрење ову подврсту истиче као доминантну у односу на остале врсте. Према ауторима, кључне адаптивне особине за максималан потенцијал за принос биомасе и зрна грахорице су: тип пораста (усправан), висина биљке (високо стабло), величина сјемена (крупно сјеме), као и склоност ка пуцању махуне (врло мала) (Berger et al. 2002).

Поређењем неколико врста легуминоза и купусњача као међуусјева/предусјева за жита (кукуруз, сирак за зрно, овас и јечам), утврђено је да су се, као бољи предусјеви, показале легуминозе у односу на купусњаче, при чему је крмни грашак, као међуусјев, био значајно бољи од грахорице (Samarappuli et al. 2014).

Потенцијална могућност употребе великог броја извора биљних протеина поријеклом из крме и зрна једногодишњих легуминоза у храни за животиње, темељно је изнесена у прегледном раду Ayadi et al. (2012). Као илустрацију њихове свестране примјене, аутори наводе да протеини легуминоза могу замијенити дио или укупну количину рибљег брашна у исхрани неких врста риба. Зрно неких легуминоза, веома је цијењено храниво у исхрани шарана (*Cyprinus carpio* L.). Велики број екструдата добијених из зрна/крме легуминоза посебним технолошким поступцима, могу бити замјена за рибље брашно у исхрани карниворних риба (Trushenski et al. 2006). Треба напоменути да храна на бази зрна соје, нарочито у већим количинама, може негативно утицати на прираст због присуства антинутритивних састојака (Krogdahl et al. 2010). Један од циљева оплемењивања соје је управо стварање сорти са мањим садржајем (или без) антинутритивних супстанци у зрну, које би могло да се користи у исхрани без претходне термичке/хемијске обраде, чак и у аквакултури (Herman and Schmidt 2016). Као илустрација могућности употребе зрна соје, Tacon et al. (2011) наводе да је 2008. године мијешана храна за рибе садржавала у просјеку 25% сојиног брашна, што је у тој години чинило 4,5% укупно произведеног сојиног брашна на свјетском нивоу. Велики број истраживања у овој области усмјерен је у правцу избора најбољег протеина из зрна легуминоза и његовог оптималног удјела у смјеши за исхрану одређених врста риба. На примјер, у исхрани пастрмке добри резултати су постигнути са храном која је садржавала до 30% брашна зрна усколисне лупине (Glencross et al. 2008). Брашно добијено од зрна крмног боба и грашка, након поступка екструдирања, може замијенити дио скроба

пшенице или других жита у пелетама. Мијешање протеина поријеклом из различитих извора, односно врста легуминоза је један од начина балансирања удјела појединих аминокиселина, при чему се разблажује садржај антинутритивних компоненти присутних у зрну неких легуминоза (Gases et al. 1991, цитирано према Stoddard 2013).

Захваљујући високом садржају сирових протеина (преко 40%) и одговарајућој композицији аминокиселина сојино брашно је основни протеински додатак храни за свиње (Jezierny et al. 2010), али се због присуства трипсин инхибитора који захтијева денатурацију, зрно соје мора термички/хемијски обрадити. Повећање цијене сојиног брашна, као и супротстављена мишљења о ГМ соји, повећало је интерес за замјену сојиног брашна брашном других легуминоза. Међутим, брашно већине других легуминоза у односу на брашно соје доста је сиромашније у протеинима, са нижим садржајем есенцијалних аминокиселина, углавном метионина и триптофана, као и потпуно другачијом композицијом аминокиселина. Недавно су објављени резултати који указују на могућност замјене сојиног брашна у исхрани свиња (гровер и финишер смјеше) брашном грашка и боба (White et al. 2015). Зрно грашка и боба са ниским садржајем вицина, као и зрно лупина, могу дјелимично замијенити сојино брашно у смјешама за исхрану бројлера, при чему се зрно грашка показало као боље од осталих (Diaz et al. 2006; Palander et al. 2006). Брашно соје може се замијенити брашном наведених врста и у смјешама за преживаре (Vander Pol et al. 2008; Volpelli et al. 2010; Dawson 2012).

У поређењу са зрном соје, зрно осталих једногодишњих легуминоза је сиромашније у протеинима, мада садржај сирових протеина у зрну новоселекционисаних генотипова грашка износи и преко 270 г кг⁻¹ суве материје (Ерић и сар. 2007). Зрно грашка садржи веома мале количине антинутритивних састојака, тако да се може директно користити у исхрани домаћих животиња, без претходне термичке обраде. Поред нижег садржаја протеина у односу на остале легуминозе, садржај отровне супстанце вицина и других штетних једињења чини зрно грахорица мало вриједним хранивом. Међутим, крма грахорица је, у односу на крму осталих легуминоза, значајно богатија есенцијалним аминокиселинама, нарочито лизином. Зрно соје далеко је богатије у већини есенцијалних аминокиселина у односу на зрно осталих једногодишњих легуминоза. Занимљиво да је зрно нарбонске грахорице, као и састрице (*Lathyrus sativus* L.), прилично богато лизином (200 г кг⁻¹ суве материје). Обична и нарбонска грахорица, као и грашак, имају виши садржај метионина у односу на зрно осталих једногодишњих легуминоза,

док је зрно озиме грахорице и састрице богатије триптофаном у односу на зрно других легуминоза (Ерић и сар. 2007).

8.5.10. Једногодишње легуминозе као здружени усјеви

Већа заступљеност једногодишњих легуминоза у системима производње крме, може се обезбиједити њиховим гајењем у смјеси са стрним житима, најчешће овсем (*Avena sativa* L.) (Сл. 8.10), јечмом (*Hordeum vulgare* L.) или тритикалеом (x *Triticosecale* Wittm.). Као посљедица комплементарности између компоненти у коришћењу агроколошких ресурса, предности оваквих смјеша огледају се у, углавном, већим приносима крме у односу на принос чистих усјева компоненти (Hauggaard-Nielsen et al. 2001; Bedoussac and Justes 2010, Charagain and Riseman 2014). Боља контрола коровске флоре, као и биотичких и абиотичких стресова, додатне су потенцијалне предности оваквих смјеша у односу на чисте усјеве компоненти (Anil et al. 1998). Комплексније смјеше које укључују више од двије врсте, такође су интересантне (Kirwan et al. 2007; Picasso et al. 2011; Brophy et al. 2017), али је њихова вриједност у оваквим једногодишњим смјешама мање проучавана.

У системима производње крме, смјеше једногодишњих легуминоза и жита посједују низ предности у односу на њихове чисте усјеве. Једна од најбитнијих је обезбјеђење земљишта азотом, поријеклом из азотофиксације, и тиме одржавања његових хемијских особина. Једногодишње легуминозе у основи имају релативно низак потенцијал за принос крме, нарочито у регионима са малом количином падавина. Њихова жетва је отежана због склоности ових врста према полијегању. Комплементарност легуминоза и жита у погледу искоришћавања ресурса агроекосистема (хранива, свјетлост, вода) често се испољава у већем приносу и бољем квалитету крме, када су здружени у односу на чисте усјеве легуминоза и жита (Balabanli et al. 2010).

У свим системима производње, једногодишње легуминозе као компоненте здружених усјева путем симбиотске азотофиксације обезбјеђују далеко одрживији извор азота (Crews and Peoples 2004). Гајење легуминоза и жита као здружених усјева може такође минимизирати губитке азота који је израженији код чистих усјева легуминоза, углавном путем усвајања неорганског азота од стране жита и сниженом стопом минерализације у току разлагања органске материје, због вишег односа C/N код жита (Hauggaard-Nielsen et al. 2003). Резултати већег броја истраживања у неколико посљедњих деценија, указали су да се у смјешама легуминоза и жита

повећава укупан принос протеина (Walton 1975; Anil et al. 1998), а тиме и хранљива вриједност крме (Chapko et al. 1991, Carr et al. 1998).



Сл. 8.10. Смјеша грахорице и овса (Фото Петровић М)

Fig. 8.10. Mixture of vetch and oats (Photo Petrović M)

У протеклом периоду, у здруженим усјевима једногодишњих легуминоза, крмни грашак је традиционално представљао легуминозну компоненту. Однедавно је у производњу уведен и сточни боб, и то сорте са смањеним садржајем танина и других антинутритивних састојака које су, уз висок принос крме и протеина, имале и сличне производне трошкове као грашак. Селекције усколисне лупине са ниским садржајем алкалоида такође се све више уводе у овакве системе производње. Гајењем здружених усјева легуминоза и жита могу се обезбиједити бројне предности, као што су: повећан принос биомасе и искоришћавање земљишних ресурса, повећана стабилност приноса, побољшано искоришћавање хранива, воде и свјетлости, као и контроле корова, болести и штеточина (Willey 1979). У умјереном климатском појасу, овај начин гајења далеко је успјешнији када се примјењује у производњи крме у односу на производњу зрна (Anil et al. 1998).

Једногодишње крмне легуминозе могу попунити празнину у континуираном обезбјеђењу зелене крме у исхрани преживара (зелени крмни конвејер). Ово се нарочито односи на почетак вегетације, када усјев легуминозе, као чист или у смјеси са житима, обезбјеђује квалитетну зелену крму у току првог дијела вегетационе сезоне. Као пострни усјеви, једногодишње легуминозе могу продужити период коришћења зелене крме до касне јесени (McCartney and Fraser 2010).

Одговарајућим односом компоненти у легуминозно-травним смјешама може се добити квалитетна крма, избалансирана у погледу хранива (Схарко et al. 1991; Jedel and Helm 1993). Међутим, једногодишње легуминозе су, генерално, слабији компетитори у односу на жита, нарочито грашак који често испољава веома слабу компетитивну способност (Corre-Hellou et al. 2006; Monti et al. 2016). Овај недостатак, који може ограничити позитивне особине легуминозне компоненте у смјеши (повећан садржај протеина, фиксација атмосферског азота), може се превазићи селекцијом сорти које се одликују већом компетитивном способношћу *per se* или селекцијом својстава која јој доприносе. На примјер, грашак веће висине стабла (високе или полувисоке сорте) најчешће има израженије компетитивне способности према житима (Annicchiarico et al. 2012), али и према коровима (McDonald 2003).

Огледи, Kocer and Alboyrook (2012), са чистим усјевима грашка као легуминозе и овса и јечма из групе жита, и њихове двојне мјешавине у различитим односима (55:45 и 65:35 грашак : жита; сразмјера се односи на број биљака по јединици површине), имали су за циљ оцјену њихове агрономске вриједности, нарочито приноса и квалитета крме. Принос суве материје крме био је значајно већи код чистих усјева жита у односу на чист усјев грашка и њихове смјеше, док је садржај протеина, њихов укупан принос, као и релативна хранљива вриједност крме, била значајно већа код смјеша у односу на чисте усјеве. При томе је значајно бољи квалитет крме постигнут у смјешама 65 : 35, грашак : жито, у односу на смјеше 55 : 45 (Kocer and Alboyrook 2012).

Пољски огледи са здруженим усјевима јечма као компоненте жита и грашка, боба и усколисне лупине као легуминозе, постављени су са варијантама чистих усјева и смјеша (Strydhorst et al. 2008), гдје је број биљака јечма по јединици површине био 0,25 у односу на број биљака у чистом усјеву, док је број биљака легуминоза варирао: 0,5; 1,0; 1,5 и 2,0 пута више у односу на препоручен број биљака по јединици површине у чистој сјетви. Највећи садржај протеина, као и принос протеина, имале су смјеше у којима је легуминозна компонента био боб, али је на тим варијантама принос суве материје био нижи у односу на смјеше са грашком, као и у односу на чист усјев јечма. Најмањи принос суве материје и протеина имале су смјеше са усколисном лупином, највјероватније као посљедица њене веома слабе компетитивне способности. Највећи приноси суве материје и приноси протеина постигнути су на варијантама са грашком као легуминозом. Повећање броја биљака легуминоза није утицало на повећање приноса суве материје, али се са повећањем удјела легуминоза у смјеши, повећавао садржај, односно принос протеина. Већа нутритивна вриједност ових смјеша

при повећању удјела легуминозне компоненте донекле се може повезати и са релативно малим бројем биљака јечма по јединици површине (0,25 у односу на број биљака чистог усјева на свим варијантама) (Strydhorst et al. 2008).

У огледима на три локалитета у медитеранском подручју, Annicchiarico et al. (2017) упоређивали су монокултуре грашка (сорте високог и полувисоког стабла), грахорица и жита (овас, тритикале), као и њихове двокомпонентне и четворокомпонентне мјешавине. Најбоље резултате у приносу суве материје, удјелу корова, индекса искоришћавања земљишта (однос приноса смјеше и чистих усјева компоненти на сразмјерно истој површини), као и визуелне оцјене фармера, оствариле су смјеше које су укључивале високе форме грашка полуафила типа, затим обичне грахорице, као и полувисока сорта грашка, при чему је оvas као компонента жита показао нешто боље резултате у односу на тритикале.

На основу резултата огледа са различитим односима грашка и јечма у здруженом усјеву, Corre-Hellou et al. (2006) извели су неколико закључака који указују на комплексност односа компоненти у смјеси, нарочито у погледу биланса азота и њихове конкуренције за овим хранивом. Конкуренција за земљишним азотом, која је присутна у раним фазама развоја, игра кључну улогу у накнадном порасту и крајњим производним особинама грашка и јечма. Интензитет конкуренције за земљишним азотом код здружених усјева грашка и јечма, варира у зависности од обезбијеђености земљишта азотом и броја биљака по јединици површине обје гајене биљке. Јечам је у овој смјеси далеко конкуритивнија врста. Његова конкуритивна способност постепено се повећава у току вегетативне фазе и остаје непромијењена након почетка цвјетања грашка. Период најјаче конкуренције поклапа се са периодом убрзаног развоја лисне масе обје врсте, и усљед тога повећаном потребом за азотом (Corre-Hellou et al. 2006). У овој смјеси јечам своје потребе за азотом надокнађује далеко лакше у односу на чист усјев, и истовремено има већу лисну површину по биљци у односу на чист усјев. Захваљујући томе, концентрација азота у биљкама јечма је на вишем нивоу у односу на његов садржај у биљкама грашка. Јака конкуритивна способност јечма за земљишним азотом утиче на повећање удјела азота који је у биљкама јечма поријеклом из азотофиксације биљака грашка. Азотофиксација код грашка почиње касније у односу на његове потребе за азотом, тако да биљке грашка у почетним фазама развоја азот обезбјеђују из земљишта. Азотофиксацијом се не могу потпуно задовољити потребе биљака грашка за азотом на почетку вегетације, због времена које је потребно за постепено повећање броја и активности нодула. Количина фиксираног азота

у здруженом усјеву одређена је брзином развоја биљака грашка, која углавном зависи од јачине конкуренције (Corre-Hellou et al. 2006).

Како производни потенцијал здруженог усјева није могуће повећати додавањем минералног азота, при чему га углавном усваја јечам, успоравајући у исто вријеме развој грашка, а тиме и азотофикацију, Corre-Hellou et al. (2006) предлажу нешто ранију сјетву грашка, чиме би се избјегла јака конкуритивна способност јечма у првим фазама пораста, и уједно омогућило биљкама грашка да успоставе ефикасну симбиозу до фазе развоја јечма, када су његове потребе за земљишним азотом највеће.

8.6. Здружени усјеви једногодишњих и вишегодишњих легуминоза

Здружени усјеви подразумевају гајење двије или више врста на истој површини у исто вријеме (Willey 1979). У таквим усјевима, комбинације легуминоза и биљака које не фиксирају атмосферски азот су најефикасније, због стимулативног утицаја нелегуминозне компоненте на азотофикацију легуминоза, као и трансфера фиксираниог азота од легуминоза ка нелегуминозним биљкама (Temperton et al. 2007; Zarea et al. 2008; Fustec et al. 2010). Здружени усјеви легуминоза за производњу крме и зрна новији је приступ у системима гајења легуминоза (Ćurina et al. 2017). Уколико се врсте легуминоза пажљиво одаберу, њихови здружени усјеви имају предности у односу на чисте усјеве, које се углавном огледају у: а) повећаном приносу крме и бољој контроли корова (Avola et al. 2008); б) смањеној ерозији земљишта (Wiersma et al. 1999) и в) смањеној могућности за појаву болести и штеточина (Trenbath 1993, Altieri 1999). Здружени усјеви користе предности одабраних врста, интеракцију између компоненти и других регулационих механизма здружених усјева (Vandermeer et al. 1998) и на тај начин користе доступне ресурсе далеко ефикасније у односу на чисте усјеве (Anil et al. 1998).

Здружени усјеви једногодишњих и вишегодишњих легуминоза могу да се заснивају на неколико начина, и то: а) двије или више врста једногодишњих легуминоза сију се заједно, б) једногодишња пратећа компонента сије се заједно са вишегодишњом легуминозом, в) једногодишње врсте сију се у већ засновани вишегодишњи усјев како би се повећао принос крме те године, и г) вишегодишње легуминозе усијавају се између редова широкоредо гајене једногодишње легуминозе (Zemenchik et al. 2000; Koivisto 2002; Thorsted et al. 2002).

Вишегодишње крмне легуминозе умјереног климата могу да се сију од раног прољећа до почетка јесени. Због малих димензија сјемена, сију се плитко, тако да су у периоду ницања и почетним фазама развоја осјетљиве на недостатак воде у земљишту. У прољећној сјетви принос крме у години сјетве је доста низак, дјелимично због јачег развоја корова (Ćurina et al. 2000, 2004). Да би се боље контролисала коровска зеједница, уз главну вишегодишњу легуминозу у смјешу се укључује тзв. пратећа једногодишња врста (Tesar and Marble 1988; Zollinger and Meyer 1996), најчешће из групе жита (овас, јечам, тритикале). Поред предности оваквих смјеша (већи принос крме, мање присуство корова), један од недостатака ових система је у томе што се пратећа врста такмичи са основном гајеном биљком за хранива, воду и свјетлост, што нарочито долази до изражаја када је пратећа врста добар компетитор (Tesar and Marble 1988). Неке од једногодишњих легуминоза као што је, на примјер, грашак, нарочито афила типа (редуковани листови – лисни залисци са вितिцама без лиски), био би прихватљивији избор, с обзиром на слабију засјену главног усјева и мање конкуритивне способности за хранива и воду у односу на жита (Ćurina et al. 2017). Умјерена засјена главног усјева стимулише његову синтезу хлорофила, тако да, захваљујући већој фотосинтетској активности, након жетве првог откоса вишегодишња легуминоза (главни усјев) далеко брже се регенерише (Krstić et al. 2005). Регенерација биљака главног усјева одвија се несметано, јер њихова круница остаје испод висине на којој је обављена косидба. При томе, веома мала регенеративна способност пратећег (помоћног) усјева не угрожава пораст и развој главног усјева (Ćurina et al. 2017).

Луцерки, као вишегодишњем главном усјеву, одговара грашак као пратећи усјев, при чему није неопходно да сорта буде афила типа листа, јер и сорте обичног типа листа не изазивају никакве видљиве анатомске и морфолошке промјене на биљкама главног усјева (Ćurina et al. 2010). Однос компоненти у оваквим смјешама веома је важан (Ćurina et al. 2017), јер већи број биљака пратећег усјева утиче на повећање приноса крме у првој години, истовремено редукујући присуство корова, али може негативно утицати на потенцијал за принос главног усјева у наредном периоду. С друге стране, мањи број биљака пратећег усјева обезбјеђује већи интензитет сунчеве свјетлости главном усјеву, боље провјетравање, али и веће присуство корова. У случају да је пратећи усјев грашак, прво кошење обавља се у вријеме почетка наливања зрна грашка. Утврђивање оптималог односа компоненти прилично је захтјевно – Ćurina et al. (2017) препоручују да количина сјемена пратеће легуминозе, изажена у клијавим зрнима по јединици површине, не треба да буде већа од половине норме сјетве пратећег усјева. Резултати Ćurina et al. (2010), са различитим односом компоненти црвене дјетелине и

грашка, показали су да је оптималан број биљака грашка $60\text{--}90\text{ m}^{-2}$, при чему су мање количине сјемена економски прихватљивије. Као пратећа легуминоза, грашак је био далеко бољи од овса, јер је у наредним годинама продуктивност црвене дјетелине била значајно већа код смјеша са грашком у односу на смјешу са овсем. У сличним огледима са луцерком као главним усјевом, принос крме у првом откосу био је знатно већи када је пратећа компонента био оvas у односу на грашак, али је у наредним откосима, односно годинама, значајно већу регенеративну способност, као и принос крме, имао усјев луцерке, гдје је пратећа компонента био грашак, у односу на усјев гдје је пратећа врста био оvas (Ćurina et al. 2017).

У протеклом периоду, здружени усјеви једногодишњих легуминоза нису били чест предмет интересовања, тако да су и резултати доста оскудни (Ćurina et al. 2017). Поред већ поменутих предности здружених усјева једно- и вишегодишњих легуминоза, код смјеша једногодишњих легуминоза уочени су и извјесни недостаци, као што је успорен раст и развој једне од компоненти као посљедица компетиције (Ghosh et al. 2006). Као и код претходних здружених усјева, код здружених усјева једногодишњих легуминоза пажљиво одабране компоненте су кључне за потпуну реализацију њиховог потенцијала за принос крме или зрна. На примјер, грахорице, чије је стабло полегливо, добро контролишу корове, али је њихов принос крме доста низак због одумирања доњег лишћа. У здруженим усјевима, боб или лупина, у комбинацији са грахорицама, обезбјеђују потпору грахорицама, које се у таквој комбинацији успјешно такмичи са коровима (Ćurina et al. 2017).

Здружени усјеви једногодишњих легуминоза треба да имају неколико заједничких, односно допуњујућих особина: исто оптимално вријеме сјетве (није неопходно), сличну висину биљке, слично вријеме цвјетања (обично је индикација оптималног времена искоришћавања) и једна компонента треба да је јаког стабла (потпорна), док друга може бити полеглива (Ćurina et al. 2011b). Сагласно овим захтјевима, Мikić et al. (2012) предложили су три основне групе здружених усјева једногодишњих легуминоза:

- озиме или јаре једногодишње легуминозе високог стабла које подносе хладноћу,
- озиме или јаре једногодишње легуминозе ниског стабла које подносе хладноћу,
- рано- или касносазријевајуће једногодишње легуминозе које захтијевају више температуре.

Аутори предлажу да удио компоненти буде сразмјеран, односно 50 : 50% у односу на број биљака по јединици површине чистих усјева.

Вриједност здружених усјева оцјењује се еквивалентним односима производних површина, односно поређењем приноса здружених усјева и приноса компоненти гајених као чист усјев на сразмјерно истој површини, изражен као однос ова два приноса. Из групе легуминоза високог стабла боб, као потпорна биљка, и обична грахорица показали су се као здружени усјев бољи од комбинација боба са грашком, панонском и маљавом грахорицом (Ćurina et al. 2011b). Као потпорни усјев, добре резултате показала је и бијела лупина (Ćurina et al. 2011a). Из друге групе здружених усјева, као добре смјеше у јесењој сјетви показали су се озими грашак афила типа листа и озими грашак нормалног типа листа, а у прољећној сјетви мјешавине јарог грашка афила типа листа и сочива (Mikić et al. 2012). Трећа група обухватила је легуминозе које се сију касније у прољеће. У подгрупи ранозрелих легуминоза, као најбоље су се показале смјеше соје (00 група зрења) и азуки пасуља (*Vigna angularis* Willd.) (такође и у пострној сјетви), а у подгрупи каснозрелих, кајан (*Cajanus cajan* L. (Millsp.)) и уров (*Lablab purpureus* L. (Sweet)) (Mikić et al. 2012).

Најважнији правци будућих истраживања у оваквим системима производње треба да буду: оптимални односи компоненти, утицај здруженог усјева на компоненте крме, могуће међузависности укупног приноса и приноса крме чистих компоненти на еквивалентним производним површинама, хемијски састав крме здружених усјева, као и могући утицаји на биолошке особине земљишта (композиција микроба и алелопатија) (Ćurina et al. 2017).

Mikić et al. (2012) и Ćurina et al. (2017) истичу да здружени усјеви не повећавају трошкове заснивања, и да се њихова крма убира након релативно кратког периода вегетације, тако да се веома лако могу укључити у различите системе производње.

8.7. Исхрана домаћих животиња и искоришћавање хранива

Количина унијете крме и принос сварљиве енергије основне су одреднице хранљиве вриједности легуминозних биљака. Познато је да је хранљива вриједност легуминоза супериорна у односу на хранљиву вриједност других крмних биљака, између осталих и трава. Већа количина конзумиране хране, као и већа ефикасност искоришћавања метаболичке енергије за било који крајњи производ домаћих животиња у односу на траве, такође је већ одавно позната (Cammell et al. 1986). Ове предности су изражене како код нископрофитабилних, односно одрживих система производње, тако и у интензивној сточарској производњи.

Уз висок садржај протеина, крмне легуминозе одликују се већом апетабилношћу у односу на траве, тако да је при конзумирању њихове крме, уколико оброк није ограничен, количина конзумиране хране, као и количина крајњих производа (месо, млијеко), већа у односу на крму трава (Phelan et al. 2015). Као потврда томе служе подаци из прегледног рада Steinshamn (2010), по коме је конзумација суве материје црвене дјетелине и бијеле дјетелине била већа за 1,2 кг, односно 1,3 кг, респективно, и да је при томе принос млијека био већи за 1,5 кг, односно 1,2 кг по дану, респективно, у односу на оброк који је садржао само траве. Присуство кондензованих танина у крми неких врста легуминоза позитивно утиче на здравље преживара, односно смањење ризика од надуна, мање присуство одређених цријевних паразита (Waghorn 2008), потенцијално смањење ослобођених штетних гасова (Beauchemin et al. 2008; Azuhwi et al. 2013), као и боље искоришћавање протеина крме. Укус меса животиња храњених легуминозама које садрже више танина и полифенола знатно је побољшан (Schreurs et al. 2007), уз повећан садржај пожељних масних киселина (Girard et al. 2015).

Преживари су, као и остале врсте домаћих животиња, слаби конвертори органског азота (овдје је ријеч о азоту из кабастих хранива), што за посљедицу има прилично велике губитке азота у спољашњу средину. Ефикасност конверзије азота из крме у млијеко (20–30%) или месо (10–20%) код преживара је често доста испод максималног потенцијала (40%), нарочито код мање вриједних кабастих хранива (Dewhurst et al. 1996). Поред тога што је слабо искористљив, неискоришћен азот је веома штетан по животну средину. Побољшана конверзија протеина и угљених хидрата би у великој мјери редуковала губитке азота. Ефикасно искоришћавање протеина код преживара зависи од синхронизованог обезбјеђења деградабилних протеина и угљених хидрата у бурагу, како би се обезбиједио не само азот, већ и енергија за синтезу микробијалних протеина. Међутим, синтеза ових протеина не утиче на неминован губитак азота путем стварања амонијака у бурагу, тако да је на овај начин доступност протеина микрофлори бурага ограничена.

Свјежа и конзервисана крма разликују се у балансу протеина и угљених хидрата, што се посљедично одражава и на синтезу микробијалних протеина у бурагу. Принос микробијалних протеина приближно је два пута већи при исхрани свјежом крмом у односу на силажу добијену њеним конзервисањем, јер се у процесу ферментације силаже разгради добар дио угљених хидрата, аминокиселина, пептида и амонијака (Wilkins and Jones 2000). Због прилично великих губитака азота током варења хране, селекција појединих крмних легуминоза, као што је бијела дјетелина, једним је дијелом усмјерена на

стварање сорти са нижим садржајем протеина и повећаним садржајем растворљивих угљених хидрата, како би се на тај начин смањили губици азота из крме. Охрабрујући резултати добијени су међуврсним укрштањем бијеле дјетелине и ботанички сродне врсте *Trifolium ambiguum* M.Bieb., гдје је код хибрида значајно смањен садржај протеина, односно повећан садржај растворљивих угљених хидрата, чиме су губици азота при варењу у *in vitro* условима смањени за 8% (Marshall et al. 2004).

Губитак азотних једињења код преживара у околну средину углавном је путем њихових екскремената, испаравањем амонијака и азотних оксида у ваздух, као и испирањем нитрата из земљишта у подземне воде. Губици азота из екскремената, као и из стајњака, могу проузроковати различите облике загађења. Растворљива једињења азота се у земљишту веома брзо трансформишу у нитратну форму која, као и након примјене органских ђубрива, улази у површинске и подземне водотокове (Chambers et al. 2000). Исти пут губитака азотних једињења је и из екскремената са пашњачких површина (Di and Cameron 2002). Из тих разлога, код травњака који се користе испашом постоји повезаност између обезбијеђености азотом (разлика унијетог и изнијетог азота) и количине азота који се на овај начин губи. Поред тога, денитрификација нитрата у земљишту доводи до емисије N_2O , гаса стаклене баште, који се повезује са оштећењем озонског омотача (Seitzinger 2008). Пољопривреда је највећи извор ове врсте загађења.

Након депоновања у земљиште, амонијачни облик азота повећава нитрификацију азота и закисељивање земљишта (Kingston-Smith and Terduru 2000). Процјењује се да је емисија амонијака из пољопривреде 80–90% укупне емисије овог гаса на нивоу Европе, при чему 80–90% од те количине потиче из екскремената домаћих животиња (Misselbrook et al. 2005). Неефикасно искоришћавање азота у бурагу од стране популације микроорганизама у највећој мјери одређује губитке азота, односно загађење ваздуха, земљишта и водотокова. Однедавно је пажња у овој области усмјерена на изналажење могућности за потпуније искоришћавање протеина из крме балансирањем удјела трава, које имају нижи садржај протеина и виши садржај растворљивих угљених хидрата и легуминозних биљака (Del Prado et al. 2006; Del Prado and Scholefield 2008).

Биљке посједују низ природних механизма за разградњу протеина који су, иначе, задужени за њихову разградњу при оштећењу ткива, старењу или присуству болести. С друге стране, протеолиза у бурагу је кључни процес у искоришћавању протеина легуминоза. Недавни докази сугеришу да су и процеси у самој биљци, као и активност микроба у бурагу, одговорни за њихову разградњу (Kingston-Smith et al. 2003a).

Крмне легуминозе значајно се разликују у погледу стабилности њихових протеина у условима који владају у бурагу (Kingston-Smith et al. 2003б). Оне се такође разликују и у погледу физичких и хемијских карактеристика које непосредно утичу на начине разградње протеина, као и других органских једињења, а тиме и искоришћавања енергије и протеина крме. И унутар врсте легуминоза током варења њихове крме, постоји значајна варијабилност у степену искоришћавања протеина. Дио тих разлика код неких врста може се приписати присуству одређене количине кондензованих танина. Ова једињења граде комплексе са протеинима и спречавају њихову разградњу у бурагу. Из групе водећих крмних легуминоза, присуство кондензованих танина утврђено је једино код цвјетова бијеле и црвене дјетелине. Међутим, независно од њиховог присуства, легуминозе се разликују у погледу протеолизе (Broderick et al. 2004). На примјер, код луцерке је уочена веома изражена деградација протеина у бурагу, тако да њене протеине говеда веома мало искоришћавају у односу на протеине црвене дјетелине (Broderick et al. 2000, 2001). Највећи број студија такође потврђује далеко већу стабилност протеина црвене дјетелине у односу на протеине луцерке и бијеле дјетелине, мада је и код црвене дјетелине забиљежена доста велика варијабилност у овој особини (Broderick et al. 2004). Код ње је највјероватније ензим полифенолоксидаза одговоран за заштиту протеина у току процеса силирања, као и у условима бурага. Овај ензим црвене дјетелине утиче на успоравање процеса протеолизе и липолизе (Lee et al. 2004). Луцерка и бијела дјетелина не садрже активне форме ензима полифенолоксидазе. Иначе, највећи дио овог ензима (око 90%) се у свјежој крми црвене дјетелине налази у неактивној форми; механизам његове активације укључује присуство супстрата, односно протеина који се ослобађају приликом конзумирања крме или сјецкања за силажу. На тај начин, веома брзо се повећава удио његове активне форме (Winters et al. 2008), највјероватније путем образовања комплекса протеин – фенол, који није подложен протеолизи. Студије Dewhurst et al. (2003) показале су да постоји врло мала разлика у ефикасности искоришћавања азота из силаже трава и силаже трава и црвене дјетелине, што сугерише на синергистичко дјеловање смјеше трава и легуминоза на ефикасност усвајања азота. Као потврда њихове комплементарности, замјеном у исхрани ових силажа силажом чисте црвене дјетелине, принос протеина млијека код музних крава није се значајно повећао. Реално, ефикасност искоришћавања азота значајно се смањила, што, према ауторима, указује да је балансирање азота поријеклом из црвене дјетелине и других компонената оброка далеко важније за ефикасност искоришћавања азота у односу на особине биљке црвене дјетелине, односно њену способност очувања сопствених протеина.

Кондензовани танини су подгрупа групе једињења која се заједничким именом називају танини, са великим бројем фенолних хидроксилних група, које су одговорне за формирање узајамних веза са протеинима, као и другим молекулима. Ова подгрупа танина далеко је најзаступљенији тип танина у биљкама, укључујући и легуминозе (D’Mello and Macdonald 1996). Због ниског степена дигестије хранива у бурагу, који доводи до неефикасног искоришћавања азота из најважнијих легуминоза, однедавно су проучавања усмјерена на могућност увођења у производњу легуминоза са већим садржајем танина у крми. У умјереном климатском појасу, најважније од њих су жути звјездан и еспарзета. Заштита биљних протеина комплексирањем са кондензованим танинима у бурагу повећава њихову хранљиву вриједност из два разлога: а) биљни протеини су веће биолошке вриједности у односу на микробиолошке протеине, са већим удјелом есенцијалних аминокиселина и погоднији су за уградњу у крајње производе (месо, млијеко, вуна), б) смањена разградња биљних протеина повећава количину протеина која се разграђује (и далеко боље искоришћава) у другим дијеловима органа за варење. Међутим, велика количина танина у биомаси може имати негативан утицај на искоришћавање хранива. Сматра се да је оптимална концентрација танина 20–40 г кг⁻¹ суве материје крме, јер концентрација изнад 50 г кг⁻¹ суве материје утиче негативно на количину конзумиране крме, као и смањену дигестију органске материје, нарочито протеина и влакана (Wang et al. 1994).

У протеклом периоду, бијела дјетелина је била нарочито интересантна у оплемењивању на већи садржај кондензованих танина, због њене заступљености на травњацима који се углавном користе испашом. Ова легуминоза има значајно већи садржај танина у цвијету (цваст), у односу на листове, тако да се повећањем броја цваста међуврсном хибридизацијом *Trifolium repens* L. и *Trifolium nigrescens* Viv. у овом правцу постигао значајан напредак. Након неколико генерација повратних укрштања са *Trifolium repens* L., њихови међуврсни хибриди имали су значајно већи број цваста по биљци (Marshall et al. 2002). Цвјетови црвене дјетелине такође садрже нешто више танина у односу на остале дијелове биљке, али је, с обзиром на њене недостатке као компоненте вишегодишњих травњака, веома мало истраживања усмјерено на селекцију у правцу повећања садржаја танина у цвастима црвене дјетелине.

Мада легуминозе имају високу хранљиву вриједност, она често не одражава њихов укупан потенцијал као хранива, узимајући у обзир састав и садржај појединих компоненти. Оваква разлика може се приписати присуству различитих једињења која негативно утичу на животиње, углавном на укупну количину унијете хране и искоришћавање хранива (D’Mello and Macdonald

1996). У неким случајевима и појава токсичног дјеловања може пратити овакво антинутритивно дјеловање. Легуминозе посједују посебне механизме заштите од оксидативног стреса, или животиња које се њима хране, стварањем одбрамбених метаболита као што су алкалоиди, сапонини, изофлавоноиди, који често имају антинутритивно дјеловање. Присуство ових састојака у одређеном обиму ограничава коришћење легуминоза у исхрани моногастричних животиња, најчешће због смањене сварљивости, као и апсорпције продуката варења (Gatel 1994), што се некада манифестује смањеним уносом хране и сварљивошћу појединих компоненти (Huisman and Jansman 1991). Ова једињења су у основи секундарни метаболити и могу се подијелити у двије категорије: температурно лабилна група (лецитини, инхибитори протеиназа и цијаногена једињења) и температурно стабилна група једињења (кондензовани танини, фитоестрогени, сапонини и низ других једињења) (D'Mello and Macdonald 1996). У оквиру прве групе, цијаногена једињења (гликозиди) пронађена су у више од 3.000 биљних врста и сматра се да представљају одбрамбени механизам биљке против животиња које се њима хране, као и гљивичних болести. Такође се сматра да су цијаногени гликозиди складишта азота, који може бити важан за отпорност на ниске температуре у току зимског мировања и нови пораст у прољеће.

Бијела дјетелина и врсте звјездана одликују се полиморфношћу у погледу ослобађања хидроцијановодоничне киселине (HCN) из оштећених ткива. Чак се и сорте ових врста доста разликују у цијаногеном потенцијалу. Садржај ових једињења код исте сорте такође јако варира и у току вегетационе сезоне. Токсичност крме не зависи само од садржаја HCN, већ и од баланса између унијете количине HCN и способности организма да исту детоксикује. У пракси, ријетко када се конзумирањем крме ових врста јављају симптоми тровања.

Фитоестрогени обухватају неколико класа једињења, укључујући и флавоноиде, изофлавоноиде, коуместане и лигнане (Boué et al. 2003). Легуминозе садрже релативно велику количину ових једињења у поређењу са другим биљкама. Фитоестрогени и њихови метаболити у крми могу изазвати негативне појаве код преживара, углавном повезане са репродукцијом, нарочито код оваца и говеда (Sivakumaran et al. 2004). Из групе легуминоза, црвена дјетелина је врста са највећим садржајем фитоестрогена, нарочито формонетина, главног једињења из групе изофлавонона. Мада ово једињење није само по себи фитоестрогено, у бурагу се метаболизује до еквола, који показује јако естрогено дјеловање (Sivakumaran et al. 2004). Сијено црвене дјетелине не садржи значајне

количине формонетина, јер се његов садржај у току сушења смањује за око пет пута. С обзиром на начин искоришћавања ове биљке, фитоестрогени ефекат ријетко се уочава.

Недавно откриће да неке легуминозе садрже хемијске супстанце које дјелују на паразитне нематодe код оваца, било је од великог значаја за њихово фармско гајење, гдје је испаша основни начин искоришћавања травњака (Athanasiadou et al. 2005). Мада још увијек не постоји довољно доказа за антихелминистичко дјеловање одређених супстанци у крми легуминоза, постоје индикације да је оно у одређеној мјери повезано са садржајем кондензованих танина. Сматра се да је њихово дјеловање посредно, преко заштите протеина од разградње, тако да њихов већи садржај појачава имуни одговор (Athanasiadou et al. 2005).

При исхрани жутиим звјезданом, постоје значајне промјене у степену преживљавања/развоју ларви неких хелминта у фецесу, у поређењу са исхраном крмом смјеше бијеле дјетелине и енглеског љуља. Marley et al. (2005) наводе резултате који указују да је далеко већи утицај на смртност ларви хелминта код јагњаци испољила крма црвене и бијеле дјетелине, у односу на крму луцерке. Сигурно да ће бити неопходно спровести интензивнија истраживања, са циљем да се открију механизми којима кондензовани танини утичу на гастроинтестиналне паразите, и на основу добијених резултата евентуално повећати заступљеност легуминоза са већим садржајем кондензованих танина у оброку преживара. Ограничавајуће чињенице при томе су значајно варирање њиховог садржаја из вегетације у вегетацију у зависности од еколошких услова, као и слаба продуктивност и перзистентност појединих легуминоза са већим садржајем кондензованих танина (на примјер жути звјездан, еспарзета) (Carter et al. 1997).

Надун код преживара је стање веома често опасно по живот јединке, при коме се бураг јако увећава као посљедица стварања стабилне протеинске пјене, у којој су везани гасови који настају у току ферментације. Активна супстанца која је одговорна за стварање пјене је растворљиви протеин листа, ензим RuBisCO (D-ribulozo 1,5-difosfat karboksilaza). Појава је најчешће посљедица конзумирања већих количина свјеже крме црвене дјетелине, бијеле дјетелине или луцерке. Ријеч је о легуминозама које не садрже довољну количину кондензованих танина, који у процесу ферментације имају протективну улогу (D'Mello and Macdonald 1996). Улога кондензованих танина је у спречавању формирања протеинске пјене, која потиче претежно од растворљивих протеина листа. Било би пожељно да на пашњацима са легуминозама које не садрже (или садрже недовољно) кондензоване танине, као легуминозна компонента буде заступљена и нека од

легуминозних биљака која се одликује њиховим већим садржајем (жути звјездан, еспарзета).

8.8. Предности гајења крмних легуминоза

Најважније предности гајења крмних легуминоза проистичу из њихове основне намјене – производња квалитетне хране за домаће животиње, као и хране за људе на посредан начин, на економски, еколошки и здравствено далеко прихватљивији начин у односу на остале пољопривредне биљке. Не мање важна је и њихова улога у очувању најбитнијих особина/функција природних, полуприродних и контролираних агроекосистема у далеко већој мери у односу на остале гајене биљке. У садашњим интензивним системима пољопривредне производње без крмних легуминоза, нарочито вишегодишњих као обавезне компоненте савремених плодореда, многе битне особине, односно функције агроекосистема, деградиране су и нарушене до забрињавајућег нивоа.

8.8.1. Плдоред

Како би се контролисала популација проузроковача биљних болести, штеточина и корова, и што потпуније искористила доступна хранива по дубини земљишног профила, смјена усјева, односно плодоред, требао би да укључи биљке различитог животног циклуса, хабитуса, архитектуре коријена, као и спектра осјетљивости/отпорности на болести и штеточине (Cook et al. 2013; Garrison et al. 2014; Reckling et al. 2016). Познато је да плодоред побољшава структуру земљишта, његову пропусност, микробиолошку активност, капацитет задржавања воде, повећава садржај органске материје у земљишту, спречава ерозију, стабилизујући на тај начин приносе усјева и одрживост производних система (Bullock 1992; Karlen et al. 1994). Заступљеност легуминоза у плодореду и брзина њихове ротације (учесталост) истовремено утичу на азотофиксацију (Knight 2012), и активност укупне микробијалне популације у земљишту (Lipwayi et al. 2012; Vokan i sar. 2016). Код свих легуминоза пожељно је прије сјетве извршити инокулацију сјемена одговарајућим врстама ризобијума, уколико се одређена врста на тој површини није гајила претходних пет година (Denton et al. 2013).

Легуминозне врсте утичу на наредни усјев на сличне начине, низом ефеката – плодосмјене, азота, као и легуминозно специфичних ефеката (Peoples et al.

2009). Ефекат такозваног прекидног усјева, односно плодосмјене, долази до изражаја када плодосмјена није разнолика, на примјер узастопно се смјењују врсте из групе жита, и у такав систем се уведе нека од широколисних гајених биљака, односно легуминоза или краткотрајна травно-легуминозна смјеша (Robson et al. 2002). Најважнији исход оваквог ефекта је смањење бројности земљишних патогена и штеточина карактеристичних за, у овом примјеру, жита (Kirkegaard et al. 2008). Као предусјеви житима у плодореду, крмне легуминозе повећавају плодност земљишта, а тиме и принос зрна, уз значајно смањење појаве болести коријена стрних жита (Ates et al. 2013). Неке врсте легуминоза утичу и на смањење бројности, а тиме и штетности нематода; у овом погледу нарочито су захвалне врсте из родова *Lathyrus*, познате и као такозвани чистачи земљишта (Ates et al. 2013). Друге компоненте/исходи обухватају: уклањање домаћина других штеточина и могућност примјене алтернативних метода у сузбијања штеточина, болести и корова, укључујући и пестициде (Prew and Dyke 1979; Stevenson and van Kessel 1997), као и побољшање структуре земљишта (Chan and Heenan 1996). Ефекти азота огледају се у ослобађању биолошки фиксираног азота из жетвених остатака легуминоза, при чему је степен њихове разградње ограничен релативно ниском вриједношћу односа угљеник: азот; овакви ефекти на наредном усјеву уочљивији су на лаким, пјесковитим земљиштима (Jensen et al. 2004). Основни исход легуминозно-специфичних ефеката је повећана бројност бактерија које поспјешују раст биљке (Lugtenberg and Kamilova 2009), нарочито оних које везују водоник (Maimaiti et al. 2007), доприносећи на тај начин убрзаном развоју наредног усјева (Thorup-Kristensen 1993). Архитектура укупног коријеновог система легуминоза, која се одликује осовинским коријеном, уз густу мрежу латералних коријенова, као контраст жиличастом коријеновом систему жита, помаже инфилтрацији воде у дубље слојеве, формирајући канале који олакшавају развој и продор коријена наредне гајене биљке у дубље слојеве. На овај начин може се увећавати и испирање хранива (Dunbabin et al. 2003; Neumann et al. 2011). Висок садржај азота у остацима легуминоза непосредно утиче на испирање нитрата, као и губитке N_2O испаравањем (Parra et al. 2011), нарочито када се земљиште оставља без усјева током зиме и наредни усјев сије у прољеће (Tuulos et al. 2014). Зрнене махунарке, као покровни усјев, могу обезбиједити значајне количине азота наредном усјеву, истовремено штитећи површински слој земљишта. При томе би смјеше легуминоза и неких других биљака, најчешће стрних жита, биле прихватљивије, јер је могућност испирања азота код таквог покровног усјева мања (Tosti et al. 2014). Као легуминозе, за ову намјену изузетно добро су се показале грахорице, углавном због мањих трошкова заснивања (Büchi et al. 2015).

8.8.2. Статус азота у земљишту

Својствена особина већине врста ботаничке фамилије *Fabaceae* је способност биолошке фиксације атмосферског азота (N_2). Овакав вид фиксације N_2 заснован је на успостављању симбиозе између легуминоза и земљишних бактерија, чији је заједнички назив ризобијуми. Оне укључују врсте родова *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Shinorhizobium* и *Azorhizobium*. Ови микроорганизми способни су да инфицирају коријен легуминоза и формирају квржице које представљају њихово станиште, и у којима се одвија фиксација N_2 (Graham 1998). Инфекција коријена легуминоза резултат је размјене молекулских сигнала између легуминоза и ризобијума. Компатибилни сој ризобијума продире у коријен биљке домаћина преко такозване инфекционе нити коју гради биљка домаћин, и улазећи у ћелије коријена формира нодуле. Бактеријски ензим нитрогеназа одговоран је за везивање атмосферског азота, док је легхемоглобин (молекул сличан хемоглобину) у цитоплазми ћелија квржица одговоран за пренос кисеоника ка бактеријама. Легхемоглобин који је везан са кисеоником је црвене боје, тако да је ова боја квржица индикатор њихове активности и задржава се све док је биљка метаболички активна, чак и до $0\text{ }^\circ\text{C}$ (Stoddard 2009).

У квржицама ризобијуми редукују N_2 до амонијака (NH_3), који се путем биљних ензима уграђује у аминокиселине, које су доступне биљци домаћину (Vance 1998). Легуминозе обезбјеђују ризобијуме угљенохидратним једињењима, углавном примарним фотосинтатима. Највећи дио азота у природним и полуприродним екосистемима, укључујући овдје и протеине животиња, несумњиво је поријеклом од легуминоза (Murphy-Vokern et al. 2017).

Ризобијуми су релативно специфични у односу на њихове домаћине, гдје чак и сојеви унутар врста показују специфичност у односу на генотип биљке домаћина. Луцерка (*Medicago sativa* L.) и кокотац (*Melilotus* spp. L.) имају као симбионта *Sinorhizobium meliloti*, дјетелине (*Trifolium* spp. L.) симбионта *R. leguminosarum* bv. *trifolii*, грашак (*Pisum* spp. L.), грахорице (*Vicia* spp. L.) укључујући и боб (*Vicia faba* L.) и сочиво (*Lens culinaris* Medik.) симбионта *R. leguminosarum* bv. *viciae*, пасуљ (*Phaseolus vulgaris* L.) симбионта *R. leguminosarum* bv. *pxaseoli*, соја (*Glycine hispida* Max.) симбионта *Bradyrhizobium japonicum*, лупине (*Lupinus* spp. L.) симбионта *Bradyrhizobium* sp., и жути звјездан (*Lotus* spp. L.) симбионта *Mesorhizobium loti* (Amarger 2001).

Инокулација одговарајућим ризобијумом одређене легуминозе важан је дио технологије гајења, када легуминоза није дужи период (пет година) гајена на тој површини, као и на маргиналним земљиштима, нарочито оним са ниском

pH вриједношћу (Van Kessel and Hartley 2000; Lindström et al. 2010; Stevović et al. 2017). На земљиштима са ниском pH вриједношћу природне популације ризобијума нису тако бројне, тако да инокулација легуминоза осјетљивих на киселост земљишта (на примјер луцерка), одговарајућим сојевима ризобијума може значајно повећати њихову производну способност, чак и у дужем временском периоду (Stevović et al. 2010б).

Количина фиксираног атмосферског азота код крмних легуминоза варира у широком опсегу – између 15 и 390 кг N ха⁻¹ годишње, у зависности од врсте легуминоза, као и биотичких и абиотичких чинилаца којима су биљке изложене током читаве године (Таб. 8.1). Као илустрација способности за ефикасну азотофиксацију одређених врста легуминоза, служи податак да количине фиксираног азота код добро адаптираних једногодишњих легуминоза, као што су грахорице, грашак, лупине, у веома аридним подручјима, у којима количина водених талоба не прелази 300 мм у току вегетације, могу да износе 60–120 кг ха⁻¹ (Ryan et al. 2009; Ates et al. 2013).

Таб. 8.1. Процијењене количине биолошки фиксираног азота код гајених врста легуминоза (преузето из Sheaffer and Barnes 1989; Ledgard and Steele 1992; Vance 1998; Zhu et al. 1998; Seguin et al. 2000, 2001)

Table 8.1. Estimates of the range of N₂ biologically fixed by common forage legumes (Compiled from Sheaffer and Barnes 1989; Ledgard and Steele 1992; Vance 1998; Zhu et al. 1998; Seguin et al. 2000, 2001)

Врста	кг N ха ⁻¹ год ⁻¹	% Np _{ia} *
Луцерка	51–386	46–92
Једногодишње луцерке	100–200	79–86
Жути звјездан	49–162	30–85
Црвена дјетелина	15–373	35–87
Обична грахорица	110–184	75
Бијела дјетелина	45–291	62–93

*%Np_{ia} – проценат N поријеклом из атмосфере

Грашкови и боб у биомаси изданка садрже 60–74% биолошки фиксираног азота (Peoples et al. 2009). Међутим, укупна количина фиксираног азота садржи и азот из подземног дијела биљке, као и азот који биљке ослобађају у земљиште путем коријена. У подземним дијеловима биљке налази се само 8–14% од количине азота у надземном дијелу (подаци Baddeley et al. (2013) за грашак, боб и усколисну лупину). Према другим прорачунима 30–60% укупног азота биљке припада подземном дијелу (укључујући и азот ослобођен у земљиште) (Peoples et al. 2009), тако да се за боб наводи податак да је количина азота у подземним дијеловима биљке и околном земљишту и

до 100 кг ха⁻¹ (Jensen et al. 2010). При томе се сматра да је код грашка, боба и лупине, 80% земљишног азота у зони коријеновог система депоновано путем коријенских излучевина, као и мртвих ћелија ризобијума, односно ткива коријена (Mayer et al. 2003).

У Таб. 8.2. приказани су подаци Baddeley et al. (2013) за седам легуминозних биљака, који се односе на низ параметара директно повезаних са статусом азота у земљишту и биљци. Занимљиво да је за већину биљака жетвени индекс азота испод 0,80, што наводи на закључак да је висок садржај протеина у зрну легуминоза последица високе концентрације азота у цијелој биљци, а не његове редистрибуције у зрно. Подаци такође показују да се процјена количине фиксираног азота, на основу просјечног приноса зрна, креће у широком опсегу 90–170 кг ха⁻¹. Код легуминоза гајених за крму, процјене се крећу од, на примјер 100–150 кг ха⁻¹ за бијелу дјетелину, до чак 400 кг ха⁻¹ за луцерку и црвену дјетелину.

Таб. 8.2. Константе и израчунате вриједности употријебљене за процјену фиксираног N₂ и биланс азота за ФАО* групе зрених легуминоза. Све прерачунате вриједности односе се на 1т произведеног зрна (коэффициенти према Baddeley et al. 2013)

Table 8.2. Constants and calculated values used to derive estimates of fixed nitrogen (N) and N balance for FAO* classes of grain legumes. All calculated quantities are relative to 1 t of grain produced (Coefficients from Baddeley et al. 2013)

Подаци о параметрима усјева који се односе на 1т зрна	Боб	Наут	Сочиво	Жута лупина	Грашак	Соја	Грахорице
Концентрација протеина у зрну (%)	29	22	29	36	25	40	29
Жетвени индекс суве материје	0,49	0,31	0,42	0,44	0,51	0,52	0,34
Жетвени индекс азота	0,68	0,80	0,65	0,84	0,73	0,73	0,79
Азот у надземном дијелу биљке (г кг ⁻¹ СМ)	59,5	37,3	61,0	58,5	47,2	75,0	50,5
Однос коријен : надземни дио	0,23	0,44	0,37	0,28	0,11	0,20	0,35
Принос коријена (т)	0,40	1,22	0,77	0,551	0,19	0,33	0,89
Концентрација N у коријену (%)	2,2	1,4	1,4	1,2	2,2	1,7	2,9
Принос азота из коријена (кг)	8,9	17,1	10,7	6,5	4,1	5,7	25,8
Пропорционална ризодепозиција	0,18	0,53	0,15	0,17	0,12	0,20	0,15
Ризодепозиција (кг)	12,6	28,8	10,8	11,1	6,2	15,7	11,4
Укупна продукција N (кг)	81,1	83,2	82,5	76,1	57,4	96,5	87,7
Пропорција атмосферског N фиксирани N (кг т ⁻¹ зрна)	0,776	0,504	0,706	0,826	0,704	0,525	0,726

*ФАО – Организација Уједињених нација за храну и пољопривреду

Биотички и абиотички фактори који неповољно утичу на количину фиксираног N_2 укључују: стрес изазван болестима, неодговарајућа плодност земљишта, киселост земљишта, салинитет, суша, висока температура, као и дефолијација (уклањање надземног дијела). Ови процеси/услови утичу на молекулску комуникацију између легуминоза и ризобијума и/или смањују фотосинтетску активност биљке, одређујући на тај начин количину фиксираног N_2 (Graham 1992; Zhang and Smith 2002). Висок садржај азота у земљишту такође смањује активност ризобијума (Streeter 1988; Stevović i sar. 2005в). Обично је један дио азота у биљкама поријеклом из азотофиксације, док остатак потиче из резерви земљишта (Sheaffer et al. 1989). На примјер, сматра се да код луцерке у години сјетве око 50% азота потиче из азотофиксације, а у наредним годинама око 80%.

Мада је способност легуминоза да фиксирају азот доста висока, само дио фиксираног N_2 доспијева у земљиште у облику у коме га наредни усјев може искористити, јер се значајан дио фиксираног азота износи приносом крме или зрна. Процјењује се да код соје на крају вегетације, односно у жетви, у земљишту практично постоји дефицит азота, јер ова биљка зрном износи више азота него што обезбиједи азотофиксацијом.

Искоришћавање азота поријеклом из жетвених остатака легуминоза, код наредних усјева је тек између 17 и 43% (Hesterman et al. 1987; Harris and Hesterman 1990). Фактори као што су вријеме инкорпорације, којим би се синхронизовала доступност азота из биомасе легуминоза са тренутним потребама наредног усјева (Stute and Posner 1995), као и начин обраде земљишта, у највећој мјери утичу на ефикасност искоришћавања фиксираног азота (Peterson and Russelle 1991).

Легуминозе такође обезбјеђују и дио азота потребан травама у травно-легуминозним смјешама. Биолошки фиксирани азот може се обезбиједити травама у смјешама на неколико начина: ослобађањем ексудата коријена легуминоза у зони коријена трава, разлагањем дијелова коријена и квржица, помоћу микоризних гљива као преносиоца, као и екскрементима животиња на паши (Ledgard 1991; Dubach and Russele 1994; Paynel et al. 2001). И овдје су подаци о количини предатог азота јако варијабилни и крећу се од 5 до 80 $kg\ ha^{-1}$; сматра се да ова количина задовољава 20–70% потреба трава за азотом (Таб. 8.3). Количине азота предате травама највише зависе од врсте легуминоза, агроколошких чинилаца, као и статуса азота у земљишту (Ledgard and Stelle 1992).

Количина фиксираног азота у травно-легуминозним смјешама јако варира и најчешће се смањује у току вегетације. Разлог за ове осцилације је управо

веома динамична и комплексна природа таквих агроекосистема. Посматрано краткорочно, траве поспјешују азотофиксацију усвајајући азот из земљишта, подстичући легуминозне биљке, односно ризобијуме на већу активност. Међутим, при томе долази до стимулације пораста трава, чиме се нарушава однос траве-легуминозе, због веће компетитивне способности трава у односу на легуминозе (Точић et al. 2018a). Као последица тога, продуктивност и перзистентност, као и азотофиксација легуминоза, значајно се снижава. Смањен удио легуминоза, као и нижа активност ризобијума, као повратни ефекат смањује и количину азота унијетог у здружени усјев путем азотофиксације, тако да се и пораст трава успорава.

Таб. 8.3. Количине фиксираног N_2 у смјешама крмних легуминоза и трава и трансфер фиксираног N_2 према травној компоненти (Sheaffer and Seguin 2003)

Table 8.3. Examples of amounts of N_2 fixed by forage legumes in mixture with grasses and transfer of fixed-N to accompanying grasses (Sheaffer and Seguin 2003)

Смјеша	1*	2	3	4
Луцерка – канарска трава	54	7	13	68
Луцерка – мачији реп	107	10	10	24
Жути звјездан – канарска трава	31	5	10	17
Жути звјездан – жежевица	105	21	20	26
Црвена дјетелина – италијански љуљ	130	30	23	39
Бијела дјетелина – путем биљака	300	78	26	27
Италијански љуљ – путем животиња		+60	+22	+23
Укупно		138	48	50

1* – Фиксирани N_2 ($kg\ ha^{-1}$), 2 – Количина предатог N_2 ($kg\ ha^{-1}$), 3 – % легуминозне азотофиксације, 4 – % N код трава поријеклом од трансфера

8.8.3. Квалитет земљишта

Квалитет земљишта, у најширем смислу, постаје веома важан предмет проучавања, јер је стање земљишта основ система одрживе пољопривреде (Barroo 2001). У данашње вријеме интензификација пољопривреде намеће потребу да очување квалитета земљишта, као и квалитета воде и ваздуха, треба да постане не само предмет аграрне политике, већ и општеполитичка тема. Интензификација пољопривредне производње неминовно води ка деградацији земљишта у погледу његових физичких, хемијских и биолошких особина. Све већа заступљеност монокултура, редукован плодоред и

плодосмјена, прекомјерна употреба минералних хранива, доводи до низа негативних појава у таквим агроекосистемима (Стевовић и сар. 2000; Стевовић и Ђукић 2002). У ком степену ће увођење легуминоза у ове системе производње моћи ублажити овакве негативне појаве, зависи од низа чинилаца, али је извјесно да се правилним избором врста, начина производње и искоришћавања, као и степена заступљености на укупним пољопривредним површинама, стање у овом погледу може значајно поправити.

Системи одрживе пољопривреде зависе у великој мјери од одржања квалитета земљишта у дужем временском периоду. Особине земљишта доброг квалитета могу се сумарно приказати путем неколико основних показатеља: добар водно-ваздушни режим, довољна дубина за несметан развој коријеновог система, пропусност за воду и ваздух, добра моћ задржавања воде (пољски водни капацитет), добра обезбијеђеност хранивима, мала склоност ка ерозији, присуство корисне флоре и фауне, итд. Оцјена наведених особина квалитета веома је незахвална, јер је земљиште јако сложена и динамична средина. У основи, земљиште је јако сложен биолошки екосистем, чије су живе компоненте (биљна маса, микробна фракција) повезане са процесима синтезе и разградње, који су у великој мјери регулисани промјенљивим чиниоцима, као што су климатски фактори, физичке особине земљишта и примијењена агротехника (Carter 2000; Watson et al. 2002).

У случају биљних хранива, азот је, независно од потреба биљке, најчешћи ограничавајући фактор продуктивности биљака. Мада овај елемент доминира у атмосфери, његов статус у земљишту је јако варијабилан, јер је азот у великој мјери подложен искоришћавању од стране микробијалне популације (уграђује се у њихову биомасу), као и губицима усљед испирања, испаравања и уклањања жетвених остатака или цијелих биљних дијелова. Резерве азота у земљишту могу се надокнадити уношењем минералних синтетичких ђубрива, органских ђубрива, као и путем симбиотске/несимбиотске азотофиксације (Стевовић и Ђукић 2002). Биолошка азотофиксација једна је од основних агрономских особина легуминозних биљака. Међутим, процјене количине фиксираног атмосферског азота код појединих легуминоза, система производње, као и агроколошких услова подручја, за поједине врсте јако варирају, тако да их треба узети са резервом.

Азот који је поријеклом од симбиотске азотофиксације улази у земљишне резерве често на различите, веома комплексне начине, нарочито ако се узме у обзир и начин коришћења (на примјер пашњачки). Уколико се легуминозне

биљке гаје као монокултуре, жетвени остаци се на крају њиховог циклуса развоја најчешће заоравају, или остају на површини као такозвани мртви малч. На овај начин, могу се обезбиједити прилично велике количине азота, узимајући у обзир његов садржај у биомаси легуминоза, али је због несинхронизованих процеса разлагања органске материје, минерализације, губитака на већ поменуте начине, с једне стране, и потреба гајених биљака у одређеним фазама развоја, с друге, његова искористивост од стране наредног усјева реално доста ниска. У овом процесу веома велики број истраживања, нарочито у погледу кружења азота у систему биљка–земљиште, при примјени органских или минералних ђубрива, као и азотофиксацији путем легуминоза, дао је доста разнолике, често и контрадикторне резултате. Азот у земљишту у облику гасовитих или растворљивих једињења може се веома мало усвајати од стране биљке. Претјерана употреба минералног азота, нарочито у облику нитрата, неминовно доводи до његовог губитка испирањем у подземне воде, или путем површинских вода при обилним падавинама (Andrews et al. 2007). Међутим, ни азот из азотофиксације није имун на губитке на исти начин као и минерални азот у облику нитрата.

Између легуминоза постоје значајне разлике у погледу количине фиксираног азота коју оне предају травној компоненти у смјешама трава и легуминоза. У овом погледу карактеристична је луцерка, јер од свих легуминоза фиксира највећу количину азота, али га врло мало даје травама (Сл. 8.11). Захваљујући веома јаком, развијеном и дубоком коријеновом систему ова биљка усваја велике количине неорганског азота из дубљих слојева земљишта (Ledgard 2001). У оваквим системима производње губици азота разградњом дијелова легуминоза у току зимског периода код бијеле дјетелине (Сл. 8.12) могу износити и до 36% од укупне количине азота у биљци (Korsaeth et al. 2002).



Сл. 8.11. Смјеша луцерке и италијанског љуља (Фото Петровић М)
Fig. 8.11. Mixture of alfalfa and Italian ryegrass (Photo Petrović M)

Структура земљишта се у основи односи на хијерархију агрегата у земљишту; основне земљишне честице се сљепљују стварајући микроагрегате (<250 μm дијаметра), који се повезују у макроагрегате (>250 μm дијаметра), при чему се они даље могу повезивати у веће макроагрегате. Супстанце које повезују ове честице су неорганског и органског поријекла: хифе микоризних и сапрофитних гљива, дијелови коријена, полисахариди и муцигелови поријеклом од микроорганизама, итд. (Miller and Jastrow 1996). Биљке се разликују у погледу утицаја на структуру земљишта, при чему разлике не постоје само између врста (MacLeod et al. 2007) већ и сорти унутар врсте (Carter et al. 1994), чак и између генотипова унутар сорте (MacLeod et al. 2007). Највећи број студија је показао да је утицај легуминоза на агрегацију земљишних честица доста израженији у поређењу са биљкама које припадају травама; земљишта под легуминозним биљкама су структурнија и могу одржати стабилну структуру у дужем временском периоду (Mutton et al. 1993; Pugh et al. 1995; Holtham et al. 2007).



Сл. 8.12. Смјеша бијеле дјетелине и енглеског љуља (Фото Стевовић В)
Fig 8.12. Mixture of white clover and perennial ryegrass (Photo Stevović V)

Поред утицаја на структуру, односно физичке особине земљишта, ризосфера легуминоза се, за разлику од ризосфере других биљака, одликује већим садржајем органске материје, а тиме и већом могућношћу складиштења минералних хранива. Наиме, коријен легуминозних биљака и његове излучевине имају дуготрајан утицај на одржавање структуре земљишта путем повећања садржаја органске материје (Angers and Caron 1998). Разлагање одумрлих дијелова биљака, као и коријена након разоравања усјева легуминоза, утиче повољно на стварање земљишних агрегата, који се могу одржати у стабилној форми у току дужег временског периода.

Органска материја у земљишту је у основи сета фракција, који укључује: свијетлу фракцију (дјелимично разграђен материјал остатака коријена и надземних жетвених остатака), макроорганску материју (претежно нискомолекулски угљени хидрати), биомасу микроба (угљенохидратна), минерализујуће угљене хидрате, угљене хидрате и ензиме (Carter 2000). Органска материја је и складиште и извор биљних хранива. Њеном минерализацијом ослобађа се дио азотних једињења директно доступних биљкама (Berry et al. 2002), тако да њен садржај одређује и садржај азота у земљишту.

Убрзани развој пољопривреде, нарочито у посљедњих неколико деценија, утицао је на веома брзо смањење садржаја органске материје у земљишту, који је сада забрињавајуће низак у високоразвијеним системима пољопривредне производње. Један дио органске материје у интензивној пољопривреди ипак се враћа у земљиште путем релативно велике масе жетвених остатака. Међутим, неупоредиво израженије повећање садржаја органске материје, као и њеног квалитета, постиже се гајењем (нарочито у дужем периоду) и разоравањем легуминозних усјева, чак и травно-легуминозних смјеша које се у плодореду не задржавају дуже од 2–3 године (Schjønning et al. 2007).

Значај земљишних микроорганизама (бактерије и гљиве) у процесима биолошке декомпозиције органске материје и минерализације хранива, било као сапрофита или симбионата, одавно је потврђен резултатима бројних истраживања. У најкраћем, богатство земљишта у погледу разноврсности и бројности корисних група микроорганизама далеко је веће код земљишта која се користе за гајење легуминоза, нарочито вишегодишњих, самостално или у смјеши са травама, у односу на земљишта на којима се гаје друге врсте биљака. Резултати Spehn et al. (2000) показали су да степен разградње органске материје и укупна биомаса микроба у већој мјери зависе од тога да ли су легуминозе присутне у биљном покривачу, него од разноврсности биљног покривача, што потврђује позитиван утицај легуминоза на биомасу микроба и њихову активност.

Други дио животне заједнице у земљишту, односно земљишна фауна је такође од великог значаја за функционисање земљишног система. Заступљеност глиста, најкориснијих представника из ове групе, у бројним истраживањима неупоредиво је већа у земљиштима која су под легуминозним биљкама, нарочито вишегодишњим, као и травно-легуминозним смјешама, у односу на земљишта под високоинтензивним једногодишњим гајеним биљкама (Lampkin 1994; Gastine et al. 2003; Nuxham et al. 2005). Према ауторима, разлог за њихову већу заступљеност на таквим површинама, у односу на интензивне системе производње, углавном је већа

хранљива вриједност и укусност биљних дијелова, као и ексудата коријена легуминозних биљака.

8.8.4. Биодиверзитет

Агроекосистеми се одликују много чешћим промјенама вегетације, у односу на већину природних и полуприродних екосистема. У циљу постизања веће разноликости и очувања врста у системима пољопривредне производње, уз већу сигурност у производњи хране, неопходно је упознати механизме којима се одржава разноврсност и продуктивност агроекосистема.

Велика варијабилност особина код различитих врста легуминоза које се гаје и користе као крмне биљке или се употребљавају за неке друге намјене, утиче и на разноликост њиховог утицаја на агроекосистеме и околну средину. Истраживања која се односе на утицај легуминоза на биодиверзитет су у прошлости била више усмјерена на њихов утицај на природне или полуприродне екосистеме. Биодиверзитет у агроекосистемима има кључну улогу у обезбјеђењу такзваних сервиса екосистема, који у основи могу бити подржавајући или регулаторни. Ови сервиси укључују, на примјер: опрашивање, кружење хранива, структуру и функционисање земљишта, хидролошке процесе и заштиту биљака (Tscharrntke et al. 2005; Altieri and Rogé 2010). Неколико кључних особина, као што су азотофиксација, начин оплодње, сузбијање корова, побољшање особина земљишта, разликују се у степену испољавања код различитих врста легуминоза.

Интензивни травњаци се у данашње вријеме углавном заснивају као чисти усјеви трава, који се одликују високим потенцијалом за принос крме, могу поднијети често кошење и/или напасање и одржавају се примјеном релативно великих, често и неумјерених количина минералних хранива (Wilkins et al. 2002). Уз позитивне стране оваквих система производње, негативне посљедице које их прате углавном се огледају у драстично смањеном биодиверзитету. Пољопривредни екосистеми су веома зависни од живих организама који су одговорни за разлагање органске материје, одржавање плодности земљишта, његове структуре, полинацију гајених биљака итд. Еколошке студије, у недавној прошлости, указале су на степен у коме је обезбјеђење оваквих сервиса екосистема зависно од разноликости биљног покривача. Из тих разлога, било би неопходно примијенити методе, односно агротехничке мјере којима би се биодиверзитет агроекосистема могао повећати, нарочито на пољопривредним површинама намијењеним производњи крме, при чему би на тим површинама било пожељно одржати

прихватљив ниво продуктивности. Из тих разлога, али и са становишта хранљиве вриједности, односно максималног искоришћавања хранљивих компоненти крме, неопходно је у такве системе производње укључити више врста легуминоза, уз обавезно учешће травне компоненте у одговарајућем обиму (Kirwan et al. 2007). Уз максимално искоришћавање природних ресурса, позитивне стране оваквих система производње огледају се у мањим инпутима (нарочито минералних хранива), као и у очувању физичких, хемијских и биолошких особина земљишта.

Висока концентрација азота у свим дијеловима легуминозних биљака повећава доступност азота сусједним биљкама или биљкама наредног усјева (Kumar et al. 1999). Микроорганизми који обезбјеђују разградњу органске материје легуминоза, поједине врсте фауне која се налази у земљишту, као и организми који се хране биљкама играју важну улогу у кружењу азота, чинећи га на тај начин доступним биљкама које се налазе у близини легуминоза. Ексудати коријена, као и његови мртви и живи дијелови, обезбјеђују још једну количину азота доступног околним нелегуминозним биљкама (Sugiyama and Yazaki 2012). Низак однос угљеник : азот, у биомаси легуминоза, може такође утицати на повећање хранивеног нивоа сусједних биљака, обезбјеђењем приступачних хранива (Sileshi and Mafongoya 2007). Њихова биомаса је доступна свим хербиворима, корисним (домаће животиње, корисна фауна земљишта), али и штетним организмима (болести и штеточине) (Meiss et al. 2010).

Корисна, односно штетна фауна, разноликост начина гајења, односно искоришћавања (на примјер, покровни усјеви, подсијавање, усијавање, саставни дио плодореда, малчеви, заштитни појасеви око поља), осим што повећава биодиверзитет (Osler et al. 2000), уједно повећава и биоконтролу штеточина (Hooks and Johnson 2001; Midega et al. 2009).

У системима пољопривредне производње који укључују легуминозе, обрада земљишта и намјена гајених биљака често су блиско повезани. Наиме, морфологија коријена већине легуминоза омогућава системе производње без обраде земљишта, јер је, након њиховог гајења, структура земљишта стабилнија, а површина земљишта прекривена остацима легуминоза. Уз повећану активност микроорганизама, изостанак мијешања земљишта повољно утиче на бројност и активност корисне фауне, нарочито глиста, као и на очување органске материје у земљишту. У земљишту без обраде такође је повећано присуство остале корисне фауне, која насељава или површину земљишта са жетвеним остацима легуминоза, или само земљиште (Jordan et al. 2004). Неке врсте корисне фауне и микроорганизми као храну могу

користити и сјеме корова, и на тај начин додатно смањити њихово присуство у наредном усјеву.

8.8.5. Корови

Увођење крмних легуминоза у системе гајења може бити ефикасан начин за контролисање коровске заједнице (Liebman and Dyck 1993; Entz et al. 1995). Механизми контроле корова углавном зависе од система гајења. Уопштено, сама разноликост гајених врста у плодореду спречава развој популације корова специфичних за одређене гајене биљке, прилагођених примијењеној агротехници, укључујући и третмане хербицидима.

Легуминозе су конкуренти коровским биљкама на потпуно другачији начин у односу на усколисне врсте, на примјер, жита. Захваљујући високом индексу лисне површине, као и брзом порасту код појединих врста, легуминозе су у основи далеко бољи компетитори коровским врстама у односу на усколисне гајене биљке (Frankow-Lindberg et al. 2009; Bilalis et al. 2010). Вишегодишње врсте легуминоза које се користе у неколико наврата током године (косидба/испаша) су, захваљујући брзини регенерације, још бољи компетитори, тако да је заступљеност коровских биљака на површинама на којима се оне гаје веома мала (Everwand et al. 2014). Гајењем легуминоза у смјеси са травама повећава се компетитивност усјева према коровима у односу на чисте усјеве (Томић et al. 2014г; Poggio 2005). Чак и у краткотрајним травно-легуминозним смјешама, на примјер бијеле дјетелине и енглеског љуља, компетитивност смјеше је веома изражена, нарочито у односу на једногодишње корове (Hole et al. 2005).

Вишегодишње легуминозе, као што је на примјер луцерка, које остају на истој површини неколико година и косе се периодично, нарочито су ефикасне у сузбијању корова, јер се корови углавном уклањају прије образовања сјемена. Захваљујући високој компетитивној способности луцерке, на овај начин је такође онемогућено и ницање нових корова (Clay and Aguilar 1998; Ominski et al. 1998). Мада се популација већине коровских врста значајно смањује већим учешћем легуминоза у плодореду, популација неких корова, адаптираних на системе производње одређених легуминоза, може се повећати. Смјеше ситносјемених легуминоза и других биљака такође су веома ефикасне у сузбијању корова (De Naan et al. 1994), али и системи производње познати као живи малч (Zemenchik et al. 2000), у којима се легуминозе усијавају у међуредни простор широкоредо гајених усјева и конкуренцијом за храну, воду и свјетлост, редукују појаву корова. Биомаса биљака које се гаје за зеленишно ђубрење, као и жетвени остаци неких

легуминоза (на примјер грахорица), у великој мјери могу смањити бројност одређених врста корова, онемогућавајући њихово ницање услед поремећеног односа активног дијела спектра сунчеве свјетлости, као и температурног режима у површинском слоју земљишта (Teasdale and Mohler 2000; Ross et al. 2001). Лабораторијским тестовима је показано да и биљни остаци неких легуминоза својим хемијским састојцима могу смањити ницање и развој појединих корова (Miller and Jastrow 1996). Вјероватно су алелопатски односи одговорни за њихово дјеловање на овај начин (Weston 1996), али њихов ефекат треба проверити и у пољским условима (Teasdale and Mohler 2000).

У погледу заступљености појединих врста корова, укључивање једногодишњих легуминоза у плодоред може имати позитиван, али и негативан утицај (Graziani et al. 2012), што зависи, како од врсте легуминоза, тако и од постојеће коровске флоре, њене разноврсности, те примијењених агротехничких мјера.

8.8.6. Конзервација земљишта и вода

У системима производње крме, вишегодишње, као и једногодишње легуминозе, могу редуковати ерозију земљишта смањењем површинског отицања воде и повећањем инфилтрације падавина (Thomas et al. 1992; Zemenchik et al. 1996). Живе биљке и њихови остаци на површини земљишта штите земљиште од кишних капи, онемогућавају збијање површинског слоја и стварање покорице и смањују брзину отицања површинских вода (Thomas et al. 1992). Остаци надземног дијела и коријена легуминоза повећавају садржај органског угљеника у земљишту, стабилизују земљишне честице, као и макропорозност, и на тај начин повећавају степен инфилтрације и задржавање воде у земљишту (Angers 1992; Rasse et al. 2000). Легуминозе које на овај начин повећавају садржај органске материје земљишта и обезбјеђују његову заштиту својим остацима на површини, могу конзервирати воду у земљишту и путем смањене евапорације, повећањем инфилтрације и повећањем садржаја воде у зони коријеновог система. Као контраст, легуминозе могу смањити количину воде у превлаженим земљиштима путем транспирације. У неким случајевима, увођење легуминоза у плодоред може имати и негативне посљедице, због великог смањења резерви воде у земљишту (Frye et al. 1988; Huggins et al. 2001), нарочито при гајењу вишегодишњих, веома приносних легуминоза, као што је луцерка.

8.9. Друге намјене легуминозних биљака

Захваљујући низу позитивних особина, крмне легуминозе су у системима пољопривредне производње, у одређеној мјери, превазишле њихову основну намјену. С обзиром на концепцију овог поглавља, у наредном дијелу ће у најкраћем обиму бити изнијето неколико мање заступљених начина гајења, односно искоришћавања крмних легуминоза

8.9.1. Легуминозе за зеленишно ђубрење

Зеленишно ђубрење се може, у најширем смислу, дефинисати као било која биомаса усјева који се гаји за одређену намјену – побољшање особина земљишта, а тиме и продуктивности наредног усјева. Позитивне стране оваквог система производње огледају се у: смањеном губитку хранива из земљишта у околну средину испирањем или површинским отицањем воде, побољшању структуре и квалитета земљишта, смањењу ерозије и повећању биодиверзитета земљишта (Baddeley et al. 2017). Квалитет земљишта се у основи побољшава повећањем садржаја органске материје, што се одражава и на побољшање структуре земљишта и повећање разноврсности, бројности и разноликости микроорганизама. Тиме се потенцијално редукује потреба за синтетичким хранивима и пестицидима. Биљке за ову намјену могу бити једногодишње, са вегетационим периодом од неколико мјесеци, али и вишегодишње, које ће у плодореду остати неколико година (Baddeley et al. 2017). Могу се сијати као чисти усјеви или бити компонента у смјешама.

Најчешћи начин повећања количине унијетог азота у земљиште у умјереном климатском појасу је сјетва легуминоза, било као главног усјева или подусјева, и њихово заоравање као зеленишног ђубрива у одређеној фази развића. Међутим, вријеме ове операције, као и вријеме сјетве наредног усјева, веома је тешко ускладити. Како би се максимално избјегли губици азота, наредни усјев треба да има на располагању довољну количину минерализованог азота из зеленишног ђубрива у фази развоја која је најзахтјевнија у погледу његове доступности.

Основна намјена гајења легуминозе за зеленишно ђубрење је повећање садржаја доступног азота у земљишту након инкорпорације њихове биомасе. Овакав систем гајења и искоришћавања све више добија на значају као алтернатива употреби синтетичког азота у конвенционалној производњи, или у системима одрживе, односно органске производње, као њихова неизоставна компонента (Baddeley et al. 2017). У нашим климатским условима већина легуминоза за ову намјену гаји се у прољећно-јесењем

периоду, како би се максимално искористила њихова способност азотофиксације. Легуминозе које презимљавају најчешће се сију у јесен, или усијавају у главни усјев и инкорпорирају у земљиште наредног прољећа. Позитивна страна оваквог начина је то што земљиште током зиме остаје под усјевом, али је азотофиксација у том периоду веома ограничена. Поред тога, избор одговарајуће биљке је такође веома сужен, као и временски интервал у коме усјев треба засновати и инкорпорирати. Вишегодишњи усјеви за зеленишно ђубрење (најчешће двије до три године) дио су плодореда на ораничним површинама. Често се за ову намјену користе смјеше трава и легуминоза, при чему се задњи откос у јесен, прије заоравања, углавном не убира.

Основни чиниоци који утичу на избор врсте/врста легуминоза за зеленишно ђубрење су: а) агрономске особине које се односе на продуктивност и могућност заснивања, б) компатибилност са постојећим плодоредом, и в) састав биљних остатака који у основи одређује брзину њиховог разлагања. Од значаја може бити и компетитивна способност легуминозе у односу на корове, као и вријеме у коме биљка достиже фазу развоја оптималну за инкорпорацију (Baddeley et al. 2017).

У нешто хумиднијем климату у односу на подручје Републике Српске, најраширеније легуминозе за ову намјену су дјетелине, једногодишње, двогодишње, ријетко вишегодишње врсте. Између ових врста, бијела дјетелина се за ову намјену најчешће користи у смјеси са травама, као краткотрајни травњак двије до три године. Црвена дјетелина је врста која је далеко продуктивнија и отпорнија на сушу од бијеле дјетелине, може се заорати као зеленишно ђубриво у јесен друге, или у прољеће треће године гајења. Црвена дјетелина је нарочито интересантна као биљка која успјешно подноси усијавање у ситносјемене гајене биљке (углавном стрна жита), због низа повољних особина као што су: добро ницање, задовољавајући принос крме у првој години и приступачна цијена сјемена (Hesterman et al. 1992; Sheaffer et al. 1993; Singer and Cox 1998; Dury et al. 1999). Инкарнатска дјетелина (*Trifolium incarnatum* L.) одликује се веома брзим порастом након сјетве, образује велику лисну масу, веома је добар компетитор коровима, тако да може бити занимљива и као такозвани чистач земљишта. Остале врсте дјетелина за наше услове немају већег значаја.

Луцерка се, као једна од најпродуктивнијих и најквалитетнијих крмних легуминоза, за ову намјену може користити након времена у коме се на обрадивим површинама налази као компонента плодореда. Поред обичне луцерке, и дуњица (*Medicago lupulina* L.) је занимљива као врста која се одликује ниским стаблом, тако да је идеална као међуусјев, или као

здружени усјев у смјеси са травама на краткотрајним травњацима. Значај луцерке, као биљке која би се користила за мелиорисање земљишта, огледа се у њеној великој продукцији биомасе, чијом инкорпорацијом би се значајно повећао садржај органске материје у земљишту (Stevović i sar. 2015).

Врсте звјездана могу имати значај као усјев за зеленишно ђубрење на сиромашним, сувише влажним, хладним земљиштима, превише киселим за дјетелине и луцерку, што би унеколико представљало компензацију за њихов низак принос биомасе. Веома добар у овом систему производње показао се кокотац, сам или у смјеси са једногодишњим легуминозама, травама или неким другим биљкама (Blackshaw et al. 2001). Кокотац је интересантан као биљка отпорна на сушу, и као врсте које добро подносе сиромашна земљишта. Одликују се високом продукцијом биомасе, високим садржајем протеина, јаким, продорним коријеном, који повољно утиче на структуру земљишта.

У континенталном дијелу Балканског полуострва за зеленишно ђубрење, ријетко се користе једногодишње дјетелине (Ćurina et al. 2010). За ову намјену у агроколошким условима Републике Српске најинтересантније су праве једногодишње легуминозе, углавном грашак, грахорице и лупине као чисти усјеви, или у смјешама са једно- или вишегодишњим ситносјеменим легуминозама. Релативно мала заступљеност једногодишњих легуминоза у оваквим системима производње једним дијелом може се приписати и цијени сјемена потребног за заснивање усјева (Stute and Posner 1993; Moynihan et al. 1996).

Обична и маљава грахорица могу се сијати као јари и као озими усјеви, али и током љета иза краткотрајних или озимих усјева. Грахорице се често гаје као здружени усјеви са неким од жита, које им служи као потпора. За зеленишно ђубрење гаји се неколико врста лупина, од којих су најзаступљеније бијела, усколисна и жута лупина. Лупине имају велику продукцију надземне биомасе, добро подносе сиромашна, лака земљишта, и умјерено су толерантне на киселост. Мада се углавном гаји за зрно или силажу, боб је биљка са великом продукцијом биомасе. Озиме форме могу се инкорпорирати у прољеће, или покосити и оставити да регенеришу, и инкорпорирати до јесени. Код грашка постоје сорте које су селекционисане за производњу крме и које су, захваљујући високом приносу, погодне као зеленишно ђубриво. Могу се такође сијати као озими или јари усјеви, самостално или у смјеси са неким од жита, као потпором. Ограничена употреба грашка за ову намјену посљедица је релативно скупог заснивања усјева због високе цијене сјемена.

Поред поменутих легуминозних усјева, као зеленишно ђубриво могу се користити и мјешавине једногодишњих или вишегодишњих легуминоза, чак и једно-вишегодишње комбинације. Предност оваквих смјеша огледа се у томе што се на овај начин боље користе ресурси земљишта (вода, хранива) и остали еколошки чиниоци (свјетлост, температура) (Ćurina et al. 2017). Разноликост хемијског састава врста у смјеши утиче на различиту брзину разлагања биомасе након заоравања, тако да се доступност азота пролонгира за дужи период и на тај начин повећава његово искоришћавање наредним усјевом, уз истовремено смањење његових губитака. Због многих ограничења у агротехници, максималан број легуминоза у смјешама за било коју намјену, не би требао да буде преко три (Storkey et al. 2015).

Неке врсте легуминоза са кратком вегетацијом могу се користити као такозвани живи малч у међуредном простору широкоредо сијаних усјева, на примјер кукуруза или сунцокрета. Њихово присуство може смањити биомасу корова и до 60% (Buhler et al. 1998). Компетиција између њих и биљака главног усјева траје до четири недјеље након ницања и, уколико се засију заједно са главним усјевом у међуредном простору у виду трака, у том периоду практично немају негативан утицај на пораст главног усјева. За ову намјену најбоље су једногодишње дјетелине, или не сувише агресивне легуминозе за зрно. Компетиција за храну, воду и свјетлост, у оваквим заједницама сигурно постоји; да би се смањио њен утицај на принос главног усјева, може се примјенити нешто мања количина сјемена легуминоза, веће међуредно растојање основног усјева, као и одлагање сјетве легуминозе до задњег култивирања основног усјева (De Haan et al. 1997; Jeranyama et al. 1998).

Легуминозе се такође могу усијавати као покровни усјеви након жетве главних усјева, на примјер кукуруза или соје. Наредног прољећа, засијана легуминоза може се механички или хемијски уништити, и на тај начин обезбиједити конзервација земљишта до сјетве наредне гајене биљке, која се може обавити и без основне обраде. При томе се обично сјетва наредног усјева одлаже за једну до двије недјеље (Decker et al. 1994). За успјех оваквог полугодишњег система гајења, неопходно је да земљиште буде довољно обезбијеђено водом за нормално ницање и да се до зиме усјев легуминоза развије до фазе у којој подноси ниске температуре. У нашим агроколошким условима, за зеленишно ђубрење у овом периоду, поред неких једногодишњих дјетелина, нарочито су интересантне озиме грахорице и грашак (Ерић и сар. 2007).

Вишегодишњи системи живих малчева су такви начини производње, гдје се у већ засијану легуминозу (поред вишегодишњих, могу се користити и

једногодишње), обично у прољеће усијава главни усјев, најчешће биљке за производњу зрна. Поред спречавања ерозије, овакви малчеви у току јесени и зиме обезбјеђују земљиште органском материјом и азотом. Компетиција основног усјева и легуминозе за ресурсе далеко је израженија када је живи малч нека од вишегодишњих легуминоза, због јаче развијеног коријеновог система и крунице. Као посљедица тога, приноси основних гајених биљака су обично смањени у односу на конвенционалан начин производње, у коме би се легуминозе механички или хемијски уништиле (Martin et al. 1999).

Могући проблеми у примјени система живих малчева су у основи повезани са сузбијањем конкуренције легуминоза у току клијања и почетних фаза развоја основног усјева, уз истовремено одржавање легуминозне компоненте, која би у каснијим фазама била корисна, како у погледу обезбјеђења главног усјева органским и минералним хранивима, тако и у сузбијању корова. Имајући у виду чињеницу да су вишегодишње легуминозе далеко резистентније на хербициде, у односу на једногодишње, њихова примјена мора се пажљиво извести (Fischer and Burrill 1993). Уз примјену хемијских третмана усјева, а усљед изражене конкуренције за хранивима, непосредно пред сјетву основног усјева неопходно је примијенити и почетне (не сувише велике) количине основних хранива.

Агротехника легуминоза намијењених зеленишном ђубрењу увијек је скупа јер, економски посматрано, приход у тој години изостаје. Поред стандардне агротехнике, сјетва легуминоза чије је сјеме атрактивно за птице мора да се изведе на нешто већу дубину, уз обавезан третман репелентом. Сјетва смјеша легуминоза или легуминоза и трава често је технички захтјевнија, јер се готово увијек ради о сјемени различите крупноће и специфичне масе. При заснивању таквих усјева, сјетва компоненти мора се извести посебно (често унакрсно), или растурањем по цијелој површини, уз касније инкорпорирање неким од оруђа која ће сјеме унијети на потребну дубину. Код легуминоза које се нису на тој површини гајиле више од пет година, пожељно је инокулисати сјеме одговарајућим сојем ризобијума. Код жарих усјева, ранија сјетва у прољеће је прихватљивија, ако нису у питању врсте које су осјетљиве на позне прољећне мразеве, јер се у нашим агроколошким условима на тај начин избјегава недостатак падавина у критичном периоду њиховог развоја. За сјетву током љета и у јесен (озиме форме) пожељно је обезбиједити наводњавање, јер су посљедњих година сушни периоди у љето и почетком јесени веома чести. Јесења сјетва треба да се обави у термину који оставља времена усјеву да се до зиме довољно развије, како би поднио ниске температуре. Вријеме сјетве такође мора бити усклађено са временом инкорпорације, односно сјетвом наредног усјева (Baddeley et al. 2017).

У зависности од стања плодности земљишта, за већину легуминоза које се гаје као чисти усјеви, потребне су релативно мале количине азотних ђубрива у предсјетвеној припреми или при основној обради на тежим земљиштима, које омогућавају раст и развој биљака до успостављања ефикасне симбиозе. Далеко већа пажња треба да буде усмјерена на обезбјеђење усјеву довољне количине фосфорних ђубрива, које се, због слабе мобилности овог елемента, примјењује најчешће уз основну обраду. Уколико се легуминозе гаје у смјеши са житима или травама, веће количине азотних ђубрива, по правилу, доводе до смањења удјела легуминоза у односу на другу компоненту. Потребне за азотом код легуминоза, као међуусјева или подсијаног усјева, нешто су веће у односу на чист усјев.

Метод инкорпорације биомасе углавном зависи од врсте легуминозе и претходне агротехнике. Код травно-легуминозних смјеша или вишегодишњих усјева, посљедњи пораст се најчешће коси, затим након просушивања заорава, рјеђе уноси тањирачом или ситницицом. Вријеме обављања ове операције треба да буде синхронизовано са временом сјетве наредног усјева, односно са временом у коме ће највеће количине доступног азота бити на располагању биљкама наредног усјева у периоду када им је ово храниво најпотребније. Синхронизацију ових фаза веома је тешко постићи, јер степен разлагања зелене масе зависи од низа агроколошких (укључујући и педолошке) чинилаца, као и особина саме биљке и фенофазе у којој је обављена инкорпорација (Dabney et al. 2010; Cook et al. 2010; Campiglia et al. 2011). Степен укупне минерализације зеленишног ђубрива (као и жетвених остатака легуминоза и коријена након разоравања), углавном зависи од хемијског састава биљне масе, температуре земљишта, његових физичких и хемијских особина и садржаја влаге.

Губици азота током разлагања биомасе легуминоза, било путем испирања у подземне воде било испаравањем N_2O у атмосферу, неминовни су и зависе од климатских чинилаца и стања земљишта (Ball et al. 2007; Olesen et al. 2009; Askegaard et al. 2011). У топлијим подручјима или периодима вегетације, веома велики дио азота губи се путем испаравања у облику амонијака. Поред значаја ових губитака за наредни усјев, треба истаћи и њихов негативан утицај на стање читавог екосистема. Након инкорпорације легуминоза, азот из њихових дијелова ослобађа се у земљиште процесом минерализације, који обављају земљишни микроби. Брзина овог процеса зависи од низа чинилаца – температуре, влажности земљишта, као и хемијске композиције (квалитета) остатака (Cadisch et al. 1998). Кључни фактор у овоме је однос угљеника и азота, као и форма угљеника, јер су структурне компоненте, као што је лигнин, врло мало подложне разградњи. Како ови параметри

углавном зависе од биљке и фазе развића у којој је изведена инкорпорација, избор одговарајуће врсте и фазе искоришћавања одређујући су чиниоци квалитета биомасе за зеленишно ђубрење. Биомаса биљака која садржи мање структурних угљених хидрата (на примјер црвене дјетелине) много се брже разлаже у односу на биомасу која их садржи више (на примјер, луцерке). Било да се остаци легуминоза налазе на површини земљишта или су инкорпорирани, процеси минерализације до форми које могу испаравати (на примјер амонијак) или се испирати (нитрати) теку истовремено (Crews and Peoples 2004). Узимајући у обзир и велику зависност ових процеса од педоклиматских чинилаца, веома је тешко ускладити њихов ток са потребама наредног усјева за доступним формама азота, тако да је степен искоришћавања азота, поријеклом из дијелова легуминозних биљка (живих или мртвих), често веома низак.

Одређивање количине азота за наредни усјев након инкорпорације легуминоза као зеленишног ђубрива је проблематично, јер је количина доступног азота резултат интеракција између многих сложених процеса, који контролишу како количину фиксираног азота, тако и количину коју може искористити наредни усјев. Не треба заборавити ни синхронизацију процеса који обезбјеђују азот у земљишту у форми која је доступна биљци и потреба наредног усјева за овим елементом у одређеним фазама раста и развића.

Подаци о количини азота предатог земљишту, односно наредној гајеној биљци, јако су варијабилни и крећу се од готово нуле до невјероватних 500 кг ха⁻¹ N. У пракси, рачуна се да у оптималним условима ове количине треба да одговарају количини азота из синтетичког ђубрива 100–200 кг ха⁻¹. Наведене количине биле би оријентација за усјеве који су намијењени искључиво овој сврси, и не односе се на краткотрајне системе гајења. Поред обезбјеђења наредне гајене биљке доступним азотом, предности зеленишног ђубрива огледају се и у повећању садржаја укупне органске материје земљишта (Birkhofer et al. 2011), чак и за дужи период (Stobart and Morris 2011; O’Dea et al. 2013), повећању стабилности земљишних агрегата, као и активности земљишне фауне.

Још једна позитивна страна зеленишног ђубрења је и активирање биолошког кружења фосфора, уз повећање доступности путем његовог ослобађања из стабилних форми (Varea et al. 2002). Доступност фосфора и калијума се такође може повезати и са промјеном рН вриједности земљишта (Scott and Condron 2003).

Након жетве главног усјева, усијавана легуминоза за зеленишно ђубрење (на примјер бијела дјетелина, црвена дјетелина) може се инкорпорирати у јесен,

рано прољеће прије сјетве наредног усјева, или пред јесен наредне године прије сјетве озимог усјева. Ово задње нарочито је интересантно за органске системе производње јер се тиме, уз вома добру контролу корова, биљке снабдијевају значајном количином азота (активна азотофиксација током љета). Озиме једногодишње легуминозе, на примјер грахорице, могу се сијати раније у јесен, инкорпорирати у прољеће, али и оставити као живи малч или третирати хербицидима (мртви малч), при чему би се сјетва јарог усјева обавила без обраде. На овај начин, у великој мјери би се онемогућило ницање ситносјемених корова.

Економичност зеленишног ђубрења легуминозама значајно је условљено системом гајења, односно да ли је легуминоза гајена као главни усјев, међуусјев, усијавана или гајена у смјеси са другим биљкама. Најважнији моменат је сигурно потенцијално смањење употребе синтетичких азотних ђубрива. Узимајући у обзир трошкове производње зеленишног ђубрива, економичност азота обезбијеђеног на овај начин сигурно је далеко мања од економичности производње синтетичких азотних ђубрива. Чак и када се у обзир узму додатне предности које се односе на већи принос наредног усјева, олакшану контролу корова, болести и штеточина, побољшане физичко-хемијске особине земљишта за дужи период, вјероватно ни тада овакав систем гајења не би, или би ријетко када био економичан. Економске предности у гајењу легуминоза за зеленишно ђубрење углавном зависе од трошкова самог зеленишног ђубрива, вриједности биљке која би могла бити гајена умјесто легуминозе, као и било какве добити код наредног усјева. Да ли се, узимајући у обзир предности и недостатке, може очекивати финансијска добит, увијек се поставља као отворено питање. Треба напоменути да се код одређених начина производње један дио крме легуминоза може искористити и као сточна храна. Поред тога, нарочито је тешко економски квантификовати повољно дјеловање легуминоза на екосистем у цјелини.

8.9.2. Фиторемедијација

Фиторемедијација или биоремедијација подразумијева гајење биљака на контаминираним земљиштима. На тај начин, таква земљишта би се посредно искористила за производњу биоенергије или других индустријских производа, јер је гајење биљака за производњу хране за људе и животиње на њима неприхватљиво. Сам процес азотофиксације, као и раст и развој биљака подстакнут ризобијумима, утичу на повећање садржаја штетних једињења у биљкама, способност разградње штетне органске супстанце и индиректно помажу у фотостабилизацији и транслокацији штетних материја

из земљишта у биљку (Teng et al. 2015). На овај начин, симбиоза ризобијума и легуминоза појачава способност уклањања штетних материја из земљишта (Hao et al. 2012; Meena et al. 2014).

Нафтни деривати повећавају однос угљеник : азот у земљишту, што повољно утиче на процес азотофиксације. Деривати нафте садрже и полицикличне ароматичне угљоводонике, који су веома токсични и тешко разградиви, али мало покретљиви. Биљке у основи немају готово никакав директан утицај на разградњу остатака нафте; за ово су одговорни њихови симбионти – ризобијални микроорганизми. У огледима са сортама галеге (*Galega orientalis* Lam.) инокулиране симбионтом *Rh. galegae*, ова симбиотска асоцијација поспјешила је разградњу уља у контролисаним условима (Jussila et al. 2006; Kaksonen et al. 2006), али је у пољским условима иста стопа њихове разградње утврђена код усјева галеге, безосог власена, њихове смјеше, као и на земљишту без вегетације. Још увијек су путеви разградње ових материја и потенцијални бактеријски ензимски системи, укључени у њих, углавном непознати.

Поред тога што контролишу ерозију, покровни усјеви легуминоза и њихови угинули остаци смањују загађење околне средине спречавањем отицања површинских вода са усјева, а тиме и остатака пестицида и хранива у површинске водотокове (Fester et al. 2014). У симбиотској азотофиксацији, водоник је нуспроизвод овог процеса; недавно је откривена његова биоактивна особина да повећава толерантност биљке на абиотички стрес, нарочито стрес који узрокују токсични метали, као и оксидативни стрес (Liu et al. 2013). Однедавно се ризобијуми користе за уклањање штетних материја из земљишта, као што су активне материје пестицида, ароматични и ациклични угљоводоници, хлорна једињења, фенолне супстанце итд. (Jin et al. 2013).

Сматра се да ризобијуми контролишу и биоремедијацију тешких метала (Fester et al. 2014). Потенцијални метаболички системи који су укључени у ове процесе су: а) биоактивни метаболити (Jin et al. 2013), б) адсорпција и акумулација тешких метала и секреција микробних ензима који мијењају хемијска својства металних једињења, повећавајући тиме њихову доступност и стварање њихових комплексних једињења (овакве активности могу директно/индиректно подстаћи фиторемедијацију) (Teng et al. 2015), и в) волатилизација тешких метала активношћу микроба, при чему њихова трансформисана једињења улазе у ланац биоремедијације, мада ови процеси још увијек нису директно повезани са ризобијумима (Hao et al. 2012). Интензивно формирање биомасе легуминоза у таквим агроекосистемима неопходан је предуслов за ефикаснију фиторемедијацију (Hao et al. 2012).

Врсте легуминоза које имају јако развијен и дубок коријенов систем, као што је луцерка, могу усвојити нитратни азот из дубљих слојева земљишта и тако онемогућити његово испирање у подземне воде (Kelner et al. 1997). Мада луцерка један дио азота обезбјеђује азотофиксацијом чак и при високом садржају азота у земљишту, замјена азота из азотофиксације земљишним азотом чини ову биљку ефикасном као складиште резидуалног минералног азота заосталог од ђубрења претходног усјева (Lamb et al. 1995). Анализом земљишта утврђено је да се неупоредиво веће количине нитратног азота испирају из земљишта, гдје су се у ротацији гајили кукуруз и соја, у односу на његово испирање са луцеришта (Randall et al. 1997). Луцерка је веома ефикасна биљка за ремедијацију мјеста поред пруга, контаминираних анхидрованим амонијаком (Russelle et al. 2001). Уклањање неорганског азота гајењем луцерке, такође доводи до значајног смањења концентрације дубље депонованих нитрата на загађеним мјестима.

Врста *Crotalaria juncea* L. производи дуга влакна налик влакнима јуте, која се могу користити на сличан начин (Ingle and Doke 2006). Поред тога, њен састојак алкалоид пиролизидин познат је по способности да чисти земљиште од нематода, што ову врсту чини вишенамјенском. Пољски експерименти у подручјима топлије климе показали су резистентност *Crotalaria juncea* L. на неколико врста нематода које паразитирају гајене биљке. Лабораторијске анализе су потврдиле да алкалоиди ове биљке парализују одређене врсте нематода и да заустављају развој неких других (Subramaniyan and Vadivelu 1990; Jourand et al. 2004; Curto et al. 2015). Врсте *Crotalaria spp.* могу се користити за зеленишно ђубрење, чиме би се истовремено контролисале популације одређених врста нематода у земљишту (Curto et al. 2015), али и при гајењу поврћа у заштићеном простору (Stoddard 2013).

8.9.3. Биоенергенти

Посредна улога легуминоза као биоенергената, огледа се у значајно мањем коришћењу синтетичких азотних ђубрива, односно мањем утрошку фосилних горива у њиховој производњи и, непосредно повезано с тиме, смањеном емисијом гасова стаклене баште. Трагање за обновљивим изворима енергије, као што су биоенергенти, и њихово практично искоришћавање данас постаје све актуелније (Sheaffer et al. 2000).

Прва генерација биогорива добијена је примјеном једноставних технологија, са циљем да се дијелом замијене фосилна горива. Скроб из легуминоза конвертовао се у био-етанол на исти начин као и скроб из жита. Како

легуминозе богате скробом дају знатно мање приносе од жита, а и садржај скроба у њиховом зрну неупоредиво је мањи, мало је вјероватно да би оваква производња икада била економична и одржива. Прве анализе производње биоенергије из различитих извора, показале су да способност азотофиксације код соје даје овој биљци неоспорну предност у односу на остале уљарице (Hill et al. 2006), тако да је, узимајући у обзир и њену вриједност као хране за људе и животиње, мало вјероватно да ће соја бити било када примарно гајена за производњу биоенергије.

Здружени усјеви трава и легуминоза, као биоенергената, немају велике захтјеве за азотом. Повећање приноса трава, као компоненте богатије енергетским једињењима, смањило би удио легуминоза у смјеси, а тиме и предности азотофиксације. Уколико је намјена усјева његово коришћење као биоенергента, у крајњем исходу уштеде у синтетичком азоту, с једне, и смањена продукција биомасе, с друге стране, не би омогућила економичност овакве производње. У исто вријеме, утрошак енергије потребне за производњу синтетичког азота неутралисао би повећан принос ових усјева као биоенергената. Појачана способност азотофиксације повезана је са мањом емисијом N_2O у атмосферу, што доприноси смањењу емисије штетних гасова.

Приступ који подразумијева коришћење алтернативних извора енергије, уз истовремено обезбјеђење квалитетне сточне хране, који је у основи сагласан одрживом развоју, у задњих пар деценија постаје све актуелнији. Биорафинисање нуди другачији начин комбиновања производње хранива и биоенергије (Jensen et al. 2012). Однедавно је актуелна идеја да се дијелови легуминозних биљака користе за производњу електричне енергије (DeLong et al. 1995). Листови или протеини листа луцерке, листови из смјеша дјетелина и трава, листови дјетелина, као и листови осталих легуминоза, могу се употријебити као сточна храна, или као сировина за производњу биоразградиве пластике (Thomsen and Hauggaard-Nielsen 2008; González-García et al. 2010; Kamm et al. 2010). За ову намјену нарочито је интересантна крма луцерке, због економичне производње, односно ниских инпута. Производња енергије заснива се на искоришћавању ћелијског зида, при чему се због ниског садржаја протеина у ћелијском зиду избегава емисија штетних гасова, углавном N_2O . У првом технолошком поступку издвајају се протеини из листа легуминоза или цио лист, који се користе у исхрани домаћих животиња или као додаток храни за људе, а након тога се остаци, који садрже углавном полисахариде, користе као биоенергетска сировина. У оваквом систему, трошкови производње биоенергије су мањи, јер се због већег приноса биомасе период регенерације луцерке, након кошења, најчешће

продужава. Уз висок принос биомасе из усјева луцерке који се иначе сије рјеђе, на овај начин добио би се и задовољавајући принос свјежег листа (Lamb et al. 2003).

8.9.4. Фармацеутски препарати

Поједини секундарни метаболити легуминозних биљака нашли су примјену у фармацеутској индустрији. Двије врло познате супстанце, које су издвојене из легуминоза, су варфарин (антитромбоцит), који се добија екстракцијом кумарина из кокотца (*Melilotus* spp. L.), и метморфин (антидијабетик) који је добијен из гуанидина, једињења које са налази у еспарзети (*Onobrychis sativa* Scop.) (Watson and Stoddard 2017). Некада се анализа ових једињења завршава на нивоу обичних водених раствора, али се у многим случајевима специфична супстанца издваја, пречишћава, идентификује и даље испитује.

Протеински препарати, који су такође богати минералним материјама и витаминима, производе се од сока луцерке добијеног механичким цијеђењем (пресовањем). У исхрани преживара омега-3 масне киселине из луцерке могу се употријебити за побољшање квалитета млијека и меса. Сапонини, који су природно присутни у крми луцерке, могу се употријебити за смањење емисије метана код говеда (Beauchemin et al. 2009; Malik and Singhall 2009). Поред тога, минерали и витамини добијени посебним технолошким поступцима из луцерке могу се користити за производњу козметичких препарата. Cornara et al. (2015) дали су детаљан преглед легуминоза умјереног климата, које могу бити потенцијални извор фармацеутских, као и препарата који се могу користити као суплементи у исхрани.

8.10. Закључак

У данашње вријеме, као и у претходном периоду, постоји потреба за сортама крмних легуминоза које ће, уз висок потенцијал за принос, имати и побољшан квалитет зрна/крме и повећану отпорност на стрес, нарочито стрес изазван недостатком воде у земљишту, високим температурама и повећаном соларном радијацијом. Примијењена истраживања, која се односе на гајење и искоришћавање легуминоза, у основи имају за циљ побољшање технологије гајења и искоришћавања произведене хране и на тај начин повећање економичности производње, како крмног биља, тако и укупне ратарске производње, уз максимално очување животне средине. Ови циљеви моћи ће да се остваре уколико добијени резултати обезбиједу

произвођачима нове приступе у технологији гајења, припреме и искоришћавању хранива, потпомогну институционалне и организационе промјене, за које је неопходна одговарајућа аграрна политика. Потенцијал за економски компетитивну производњу легуминоза вјероватно није потпуно искоришћен. Економичност производње легуминоза на нивоу газдинства често је погрешно процијењена као негативна, јер се при томе углавном не узимају у обзир позитивне, економски тренутно невидљиве, предности у гајењу легуминоза. Неопходно је да се у првом кораку унаприједи техничка подршка у гајењу легуминоза, како би била упоредива са техничким рјешењима у гајењу водећих гајених биљака. Мада се код водећих врста жита потенцијал за принос стално повећава, њихови приноси реално стагнирају или чак опадају. Разлог томе је, поред евентуалних посљедица климатских промјена, добрим дијелом повезан са све израженијим проблемима које изазивају болести и корови у њиховим усјевима, управо због изостанка легуминоза из оваквих, често монотоних система производње. Предности увођења легуминоза у системе који укључују само водеће најпрофитабилније гајене биљке, све више долазе до изражаја. Овакав приступ претпоставља и повећане инвестиције у оплемењивању, као и у унапређењу технологије система гајења легуминозних биљака.

Цијене инпута, нарочито цијене синтетичких хранива на којима се заснивају интензивни системи производње, сигурно ће наставити тренд раста, што ће се неминовно одразити на повећање цијене хране добијене од водећих гајених биљака. На тржишту основних зрених гајених биљака, цијена соје однедавно расте брже од цијене других врста, тако да ће сигурно у блиској будућности гајење ове биљке бити и економски исплативије од већине других пољопривредних биљака. Посматрано кроз основне састојке хране, цијена биљних протеина расте већом брзином од цијене угљених хидрата и уља. Легуминозне биљке, које у зрну садрже релативно више угљених хидрата у односу на протеине (пасуљ, боб), постаће све компетитивније према житима. У исхрани домаћих животиња, легуминозе не само да комплетирају жита као основно храниво, већ се комплементарност јавља и између појединих врста легуминоза. На овај начин се, поред количине протеина, ланац исхране надопуњује и у погледу њиховог квалитета.

Већ одавно су познате предности гајења легуминоза, односно њиховог утицаја на унапређење агроекосистема, као и читаве животне средине. Препознајући овакве предности, тржишна политика требала би признати вриједност производа добијених од легуминозних биљака одређеним подстицајима, односно премијама. Увођење легуминоза у системе производње ограничило би све израженију деградацију функција земљишта

неопходних за несметан раст и развој биљака, као и погоршање квалитета животне средине у најширем смислу, и на тај начин унаприједило системе одрживе пољопривреде.

Повећање површина под легуминозним биљкама, као и њихових крајњих производа, треба да буде подржано мјерама аграрне политике. Директне мјере, као што су субвенције, премије или било какав други вид подстицаја, барем за производњу најважнијих легуминоза, осигурале би, како производњу квалитетне хране за животиње и људе, тако и пратеће позитивне ефекте легуминоза на читав екосистем. У производњи сточне хране подстицаји у области сточарске производње свакако су неопходан предуслов за реализацију мјера аграрне политике, директно усмјерених на гајење легуминоза.

Литература

- Abberton MT, Marshall AH (2005) Progress in breeding perennial clovers for temperate agriculture. *Journal of Agricultural Science* 143:117–135
- Abberton MT, Fothergill M, Collins RP, Marshall A (2006) Breeding forage legumes for sustainable and profitable farming systems. *Aspects of Applied Biology* 80:81–87
- Acharya S, Sottie E, Coulman B, Iwaasa A, McAllister T, Wang Y, Liu J (2013) New sainfoin populations for bloat-free alfalfa pasture mixtures in western Canada. *Crop Sci* 53(1):1–11
- Acharya SN (2015) AAC Mountainview sainfoin (*Onobrychis viciifolia* subsp. *viciifolia*). *Can J Plant Sci* 95(3):603–607
- Altieri M (1999) The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agricultural Ecosystems and Environment* 74:19–31
- Altieri MA, Rogé P (2010) The ecological role and enhancement of biodiversity in agriculture. In: Lockie S, Carpenter D (eds) *Agriculture, Biodiversity and Markets*. Earthscan, London, pp 15–32
- Amarger N (2001) Rhizobia in the field. *Advances in Agronomy* 73:109–168
- Angus JF, Gault RR, Good AJ, Hart AB, Jones TD, Peoples MB (2000) Lucerne removal before a cropping phase. *Australian Journal of Agricultural Research* 51:877–890
- Angus JF, Bolger TP, Kirkegaard JA, Peoples MB (2006) Nitrogen mineralisation in relation to previous crops and pastures. *Australian Journal of Soil Research* 44:355–365
- Angus JF, Peoples MB (2012) Nitrogen from Australian dryland pastures. *Crop and Pasture Science* 63:746–758

- Andersson C, Lindberg JE (1997) Forages in diets for growing pigs 2. Nutrient apparent digestibilities in barley-based diets including red-clover and perennial ryegrass meal. *Animal Science* 65:493–500
- Andrews M, Scholefield D, Abberton MT, McKenzie BA, Hodge S, Raven JA (2007) Use of white clover as an alternative to nitrogen fertiliser for dairy pastures in nitrate vulnerable zones in the UK: productivity, environmental impact and economic considerations. *Annals of Applied Biology* 151:11–23
- Angers DA (1992) Changes in soil aggregation and organic carbon under corn and alfalfa. *Soil Science Society of America Journal* 56:1244–1249
- Angers DA, Caron J (1998) Plant-induced changes in soil structure: processes and feedbacks. *Biogeochemistry* 42:55–72
- Anil L, Park J, Phipps RH, Miller FA (1998) Temperate intercropping of cereals for forage: a review of the potential for growth and utilization with particular reference to the UK. *Grass and Forage Science* 53:301–307
- Annicchiarico P, Pecetti L (2010) Forage and seed yield response of lucerne cultivars to chemically weeded and non-weeded managements and implications for germplasm choice in organic farming. *European Journal of Agronomy* 33:74–80
- Annicchiarico P, Ruda P, Sulas C, Pitzalis M, Salis M, Romani M, Carroni AM (2012) Optimal plant type of pea for mixed cropping with cereals. In: Barth S, Milbourne D (eds) 'Breeding strategies for sustainable forage and turf grass improvement'. Springer, Dordrecht, pp 341–346
- Annicchiarico P, Scotti C, Carelli M, Pecetti L (2010) Questions and avenues for Lucerne improvement. *Czech J of Genetics and Plant Breeding* 46:1–13
- Annicchiarico P, Thami Alami I, Abbas K, Pecetti L, Melis RAM, Porqueddu C (2017) Performance of legume - based annual forage crops in three semi-arid Mediterranean environments. *Crop and Pasture Science* 68:932–941
- Artola A, Santos GGD, Carrillo-Castaneda G (2003) A seed vigour test for birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus* L.). *Seed Science and Technology* 31:753–757
- Askegaard M, Olesen JE, Rasmussen IA, Kristensen K (2011) Nitrate leaching from organic arable crop rotations is mostly determined by autumn field management. *Agriculture Ecosystems and Environment* 142:149–160
- Ates F, Moneim D, El A, Ryan J (2013) Annual forage legumes in dryland agricultural systems of the West Asia and North Africa Regions: research achievements and future perspective. *Grass and Forage Science* 69:17–31
- Athanasiadou S, Tzamaloukas O, Kyriazakis I, Jackson F, Coop RL (2005) Testing for direct anthelmintic effects of bioactive forages against *Trichostrongylus colubriformis* in grazing sheep. *Veterinary Parasitology* 127:233–243

- Avola G, Tuttbene R, Gresta F, Abbate V (2008) Weed control strategies for grain legumes. *Agronomy and Sustainable Development* 28:389–395
- Ayadi FY, Rosentrater KA, Muthukumarappan K (2012) Alternative protein sources for aquaculture feeds. *Journal of Aquaculture Feed Science and Nutrition* 4:1–26
- Ayala W, Carámbula M (2009) El valor agronómico del género *Lotus*. Unidad de Comunicación y Transferencia de Tecnología de INIA. Montevideo, Uruguay, pp 424
- Ayres JF, Blumenthal MJ, Lane LA, O'Connor JW (2006) Birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus*) and greater lotus (*Lotus uliginosus*) in perennial pastures in eastern Australia 2. Adaptation and applications of lotus-based pasture. *Aust J Exp Agric* 46:521–534
- Azuhnwi BN, Hertzberg H, Arrigo Y, Gutzwiller A, Hess HD, Mueller-Harvey I, Torgerson PR, Kreuzer M, Dohme-Meier F (2013) Investigation of sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) cultivar differences on nitrogen balance and fecal egg count in artificially infected lambs. *Journal of Animal Science* 91:2343–2354
- Baddeley JA, Jones S, Topp CFE, Watson CA, Helming J, Stoddard FL (2013) Biological nitrogen fixation (BNF) by legume crops in Europe. *Legume Futures Report* 1:5
- Baddeley AJ, Pappa AV, Pristeri A, Bergkvist G, Monti M, Reckling M, Schläfke N, Watson AC (2017) Legume-based Green Manure Crops. In: Murphy-Bokern D, Stoddard F, Watson AC (eds) *Legumes in Cropping systems*. CAB International, Willingford, UK, pp 125–138
- Balabanli C, Albayrak S, Türk M, Yüksel O (2010) A research on determination of hay yields and silage qualities of some vetch+cereal mixtures. *Turkish Journal of Field Crops* 15(2):204–208
- Ball BC, Watson CA, Crichton I (2007) Nitrous oxide emissions, cereal growth, N recovery and soil nitrogen status after ploughing organically managed grass/clover swards. *Soil Use and Management* 23:145–155
- Ballesta A, Lloveras J (2010) Nitrogen replacement value of alfalfa to corn and wheat under irrigated Mediterranean conditions. *Spanish Journal of Agricultural Research* 8:159–169
- Barea JM, Toro M, Orozco MO, Campos E, Azcon R (2002) The application of isotopic (^{32}P and ^{15}N) dilution techniques to evaluate the interactive effect of phosphatesolubilizing rhizobacteria, mycorrhizal fungi and *Rhizobium* to improve the agronomic efficiency of rock phosphate for legume crops. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 63:35–42
- Barron EM (2001) A review of the Royal Commission on Environmental Pollution's 19th Report: Sustainable use of soil. The Stationery Office, UK, pp 260

- Beauchemin KA, Kreuzer M, O'Mara F, McAllister TA (2008) Nutritional management for enteric methane abatement. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 48:21–27
- Beauchemin KA, McAllister TA, McGinn SM (2009) Dietary mitigation of enteric methane from cattle. *Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources* 4(35):1–18
- Bedoussac L, Justes E (2010) Dynamic analysis of competition and complementarity for light and N use to understand the yield and the protein content of a durum wheat–winter pea intercrop. *Plant and Soil* 330:37–54
- Bedoussac L, Journet EP, Hauggaard-Nielsen H, Naudin C, Corre-Hellou G, Jensen ES, Prieur L, Justes E (2015) Ecological principles underlying the increase of productivity achieved by cereal–grain legume intercrops in organic farming. *Agronomy for Sustainable Development* 35:911
- Berger JD, Robertson LD, Cocks PS (2002) Agricultural potential of Mediterranean grain and forage legumes: Key differences between and within *Vicia* species in terms of phenology, yield, and agronomy give insight into plant adaptation to semi-arid environments. *Genetic Resources and Crop Evolution* 49:313–325
- Berry PM, Sylvester-Bradley R, Philipps L, Hatch DJ, Cuttle SP, Rayns FW, Gosling P (2002) Is the productivity of organic farms restricted by the supply of available nitrogen? *Soil Use and Management* 18:248–255
- Beuselinck PR, Peters EJ, McGraw RL (1984) Cultivar and management effects on stand persistence of birdsfoot trefoil. *Agronomy Journal* 76:490–492
- Beuselinck PR, WF Grant (1995) Birdsfoot trefoil. In: Barnes R (ed) *Forages, An introduction to grassland agriculture*. 5th Iowa State Univ Press, Ames, pp 237–248
- Bhattarai S, Coulman B, Biligetu B (2016) Sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.): renewed interest as a forage legume for western Canada. *Can J Plant Sci* 96:748–756
- Bilalis D, Papastylianou P, Konstantas A, Patsiali S, Karkanis A, Efthimiadou A (2010) Weed-suppressive effects of maize–legume intercropping in organic farming. *International Journal of Pest Management* 56(2):173–181
- Biligetu B, Jefferson PG, Muri R, Schellenberg MP (2014) Late summer forage yield, nutritive value, compatibility of warm- and cool-season grasses seeded with legumes in western Canada. *Can J Plant Sci* 94(7):1139–1148
- Birkhofer K, Diekötter T, Boch S, Fischer M, Müller J, Socher S, Wolters V (2011) Soil fauna feeding activity in temperate grassland soils increases with legume and grass species richness. *Soil Biology and Biochemistry* 43:2200–2207

- Blackshaw E, Moyer R, Doram C, Boswall L, Smith G (2001) Suitability of undersown sweetclover as a fallow replacement in semiarid cropping systems. *Agronomy Journal* 93:863–868
- Blackshaw R, Moyer J, Huang H (2005) Beneficial effects of cover crops on soil health and crop management. *Recent research developments in soil science* 1:15-35
- Blumenthal MJ, McGraw RL (1999) Lotus adaptation, use and management. In: Beuselinck P (ed) *Trefoil: The Science and Technology of Lotus*. CSSA Special Publication, Madison, Wisconsin, 28:97–119
- Bokan N, Karagić Đ, Mihailović V, Tomić D, Stevović V, Milošević B (2013) Effect of liming on grain yield of field peas. *Agro-knowledge Journal* 14(4):631–638
- Bokan N, Dugalić G, Tomić D, Vasiljević S, Karagić Đ, Milić D, Milošević B, Katanski S (2016) Značaj leguminoza za organsku poljoprivredu. In: Stevović V (ur) *Zbornik radova XXI Savetovanja o biotehnologiji sa međunarodnim učešćem*, Agronomski fakultet Čačak, 21(23):123–128
- Boller B, Schubiger FX, Kölliker R (2010) Red clover. In: Boller B, Posselt UK, Veronesi F (eds) *Fodder Crops and Amenity Grasses*. Springer, New York, pp 439–455.
- Borreani G, Peiretti PG, Tabacco, E (2003) Evolution of yield and quality of sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) in the spring growth cycle. *Agronomie* 23(3):193–201
- Boué SM, Wiese TM, Nehls S, Burow ME, Elliott S, Carter-Wientjes CH, Shih BY, McLachlan JA, Cleveland TE (2003) Evaluation of the estrogenic effects of legume extracts containing phytoestrogens. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 51:2193–2199
- Broderick GA, Walgenbach RP, Maignan S (2000) Performance of lactating dairy cows fed alfalfa or red clover silage as the sole forage. *Journal of Dairy Science* 83:1543–1551
- Broderick GA, Walgenbach RP, Maignan S (2001) Production of lactating dairy cows fed alfalfa or red clover silage at equal dry matter or crude protein contents in the diet. *Journal of Dairy Science* 84:1728–1737
- Broderick GA, Albrecht KA, Owens VN, Smith RR (2004) Genetic variation in red clover for rumen protein degradability. *Animal Feed Science and Technology* 113:157–167
- Brophy C, Finn JA, Lüscher A, Suter M, Kirwan L, Sebastià M-T, Helgadóttir Á, Baadshaug OH, Bélanger G, Black A, Collins RP, Cop J, Dalmanndóttir S, Delgado I, Elgersma A, Fothergill M, Frankow-Lindberg BE, Ghesquiere A, Golinska B, Golinski P, Grieu P, Gustavsson A-M, Höglind M, Huguenin-Elie O, Jørgensen M, Kadziulienė Z, Kurki P, Llurba R, Lunnan T, Porqueddu C, Thumm U, Connolly J (2017) Major shifts in species' relative abundance in

- grassland mixtures alongside positive effects of species diversity in yield: a continentalscale experiment. *Journal of Ecology* 2745–2754
- Büchi L, Gebhard CA, Liebisch F, Sinaj S, Ramseier H, Charles R (2015) Accumulation of biologically fixed nitrogen by legumes cultivated as cover crops in Switzerland. *Plant and Soil* 393:163–175
- Buhler D, Kohler A, Foster S (1998) Spring-seeded smother plants for weed control in corn and soybean. *Journal of Soil and Water Conservation* 53:272–275
- Bullock DG (1992) Crop rotation. *Critical Reviews in Plant Science* 11:309–326
- Byrne OMT, Hardie DCH, Yan G (2004) Legumes for the Benefit of Agriculture, Nutrition and the Environment: Their Genomics, Their Products, and Their Improvement. Conference Handbook of the 5th European Conference on Grain Legumes with the 2nd International Conference on Legume Genomics and Genetics. AEP, Dijon, France, pp 353
- Van Kessel C, Hartley C (2000) Agricultural management of grain legumes: has it led to an increase in nitrogen fixation? *Field Crops Research* 65:165–181
- Van Ranst G, Lee MRF, Fievez V (2011) Red clover polyphenol oxidase and lipid metabolism. *Animal* 5:512–521
- Vance CP (1998) Legume symbiotic nitrogen fixation: agronomic aspects. In: Spaik H, Kondorosi A, Hooykaas P (eds) *The Rhizobiaceae: Molecular Biology of Model Plant-Associated Bacteria*. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, pp 509–530
- Vander Pol M, Hristov AN, Zaman S, Delano N (2008) Peas can replace soybean meal and corn grain in dairy cow diets. *Journal of Dairy Science* 91:698–703
- Vandermeer J, Van Noordwijk M, Anderson J, Ong C, Perfecto (1998) Global change and multi-species ecosystems: concepts and issues. *Agricultural Ecosystem and Environment* 67:1–22
- Vertès F, Jeuffroy MH, Louarn G, Voisin AS, Justes E (2015) Legume use in temporary pastures: supplying nitrogen in crop-rotation systems. *Fourrages* 223:221–232
- Vicenti A, Toteda F, Di Turi L, Cocca C, Perrucci M, Melodia L, Ragni M (2009) Use of sweet lupin (*Lupinus albus* L. var. *multitalia*) in feeding for Podolian young bulls and influence on productive performances and meat quality traits. *Meat Science* 82:247–251
- Volpelli LA, Comellini M, Masoero F, Moschini M, Lo Fiego DP, Scipioni R (2010) Faba beans (*Vicia faba*) in dairy cow diet: effect on milk production and quality. *Italian Journal of Animal Science* 9:138–144
- Garrison AJ, Miller AD, Ryan MR, Roxburgh SH, Shea K (2014) Stacked crop rotations exploit weed–weed competition for sustainable weed management. *Weed Science* 62:166–176

- Gastine A, Scherer-Lorenzen M, Leadly PW (2003) No consistent effects of plant diversity on root biomass, soil biota and soil abiotic conditions in temperate grassland communities. *Applied Soil Ecology* 24:101–111
- Гатарих Ђ, Дринић М, Радић В, Краљ А, Радић В (2014) Производња на ораницама и хранљива вриједност крмног биља. Источно Сарајево, стр 305
- Gatel F (1994) Protein quality of legume seeds for non-ruminant animals. *Animal Feed Science and Technology* 45:317–348
- Gayraud P (1985) Le lotier cornicule, le trèfle incarnat, le sainfoin: des légumineuses oubliées mais pourtant utiles. *L'Élevage Bovin* 153:42–44
- Ghosh PK, Mohanty M, Bandyopadhyay KK, Painuli DK, Misra AK (2006) Growth, competition, yields advantage and economics in soybean/pigeonpea intercropping system in semi-arid tropics of India: II. Effect of nutrient management. *Field Crop Research* 96:90–97
- Girard M, Dohme-Meier F, Silacci P, Kragten S, Kreuzer M, Bee G (2015) Forage legumes rich in condensed tannins may increase n-3 fatty acid levels and sensory quality of lamb meat. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 96:1923–1933
- Glencross B, Hawkins W, Evans D, Rutherford N, Dods K, McCafferty P, Sipsas S (2008) Evaluation of the influence of *Lupinus angustifolius* kernel meal on dietary nutrient and energy utilization efficiency by rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture Nutrition* 14:129–138
- González-García S, Moreira T, Feijoo G (2010) Environmental performance of lignocellulosic bioethanol production from alfalfa stems. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining* 4:118–131
- Goplen BP, Richards KW, Moyer JR (1991) Sainfoin for western Canada. Agriculture Canada Publication, Communications Branch, Agriculture Canada, Ottawa, Ontario, pp 22
- Grabber JH, Coblenz K, Broderick A (2011) Rumen-degradable protein in roll-conditioned or macerated legume hays and silages estimated by in situ kinetics vs. alternative methods. *Crop Science* 51:1832–1839
- Grabber JH, Riday H, Cassida KA, Griggs TC, Min DH, MacAdam JW (2015) Yield, Morphological Characteristics, and Chemical Composition of European and Mediterranean Derived Birdsfoot Trefoil Cultivars Grown in the Colder Continental United States. *Crop Science* 54:1893–1901
- Graham PH (1992) Stress tolerance in Rhizobium and Bradyrhizobium, and nodulation under adverse soil conditions. *Canadian Journal of Microbiology* 38:475–484
- Graham PH (1998) Biological dinitrogen fixation: symbiotic. In: Sylvia D, Hartel P, Fuhrmann J, Zuberer D (eds) *Principles and Applications of Soil Microbiology*. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, pp 322-345

- Graziani F, Onofri A, Pannacci E, Tei F, Guiducci M (2012) Size and composition of weed seedbank in long-term organic and conventional low-input cropping systems. *European Journal of Agronomy* 39:52–61
- Grigg D 1992. *The Transformation of Agriculture in the West*. Blackwell, Oxford, pp 141
- D’Mello JPF, Macdonald AMC (1996) Anti-nutrient factors and mycotoxins in legumes. In: Younie D (ed) *Legumes in sustainable farming systems*. BGS Occasional Symposium British Grassland Society, UK, 3:208–216
- Da Silva MS, Tremblay GF, Bélanger G, Lajeunesse J, Papadopoulos YA, Fillmore SAE, Jobim CC (2013) Energy to protein ratio of grass–legume binary mixtures under frequent clipping. *Agronomy Journal* 105:482–492
- Dabney SM, Delgado JA, Meisinger JJ, Schomberg HH, Liebigh MA (2010) Using cover crops and cropping systems for nitrogen management. In: Delgado A, Follett F (eds) *Advances in Nitrogen Management for Water Quality*. Soil and Water Conservation Society, Ankeny, Iowa, pp 231–282
- Dahlin AS, Stenberg M (2010) Cutting regime affects the amount and allocation of symbiotically fixed N in green manure leys. *Plant and Soil* 331:401–412
- Dawson LER (2012) The effect of inclusion of lupins/triticale whole crop silage in the diet of winter finishing beef cattle on their performance and meat quality at two levels of concentrates. *Animal Feed Science and Technology* 171:75–84
- Decker M, Clark J, Meisinger J, Mulford R, McIntosh S (1994) Legume cover crop contributions to no-tillage corn production. *Agronomy Journal* 86:126–135
- De Haan RL, Wyse L, Ehlke J, Maxwell D, Putman H (1994) Simulation of spring-seeded smother plants for weed control in corn (*Zea mays*). *Weed Science* 42:35–43
- De Haan L, Sheaffer C, Barnes K (1997) Effect of annual medic smother plants on weed control and yield in corn. *Agronomy Journal* 89:813–821
- Del Prado A, Scholefield D, Chadwick D, Misselbrook T, Haygarth P, Hopkins A, Dewhurst R, Jones R, Moorby J, Davison P, Lord E, Turner M, Aikman P, Schröder J (2006) A modelling framework to identify new integrated dairy production systems. *Grassland Science in Europe* 11:766–768
- Del Prado A, Scholefield D (2008) Use of SIMSDAIRY modelling framework system to compare the scope on the sustainability of a dairy farm of animal and plant genetic-based improvements with management-based changes. *Journal of Agricultural Science* 146:195–211
- DeLong MM, Swanberg R, Oelke A, Hanson C, Onischak M, Schmid R, Wiant C (1995) Sustainable biomass energy production and rural economic development using alfalfa as a feedstock. In: Klass D (ed) *Second Biomass Conference of the Americas*. National Renewable Energy Laboratory, Golden, CO, pp 1582–1591

- Denton MD, Pearce DJ, Peoples MB (2013) Nitrogen contributions from faba bean (*Vicia faba* L.) reliant on soil rhizobia or inoculation. *Plant Soil* 365: 363–374
- Dewhurst RJ, Mitton AM, Offer NW, Thomas C (1996) Effects of the composition of grass silages on milk production and nitrogen utilisation by dairy cows. *Animal Science* 62:25–34
- Dewhurst RJ, Fisher WJ, Tweed JKS, Wilkins RJ (2003) Comparison of grass and legume silages for milk production. 1. Production responses with different levels of concentrate. *Journal of Dairy Science* 86:2598–2611
- Dewhurst RJ, Delaby L, Moloney A, Boland T, Lewis E (2009) Nutritive value of forage legumes used for grazing and silage. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 48:167–187
- Di HJ, Cameron KC (2002) Nitrate leaching in temperate agroecosystems: sources, factors and mitigating strategies. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 64:237–256
- Diaz P, Borsani O, Monza J (2005) Lotus-Related Species and their Agronomic Importance. In: Marquez A (ed) Chapter from book, *Lotus japonicus Handbook*. Springer, Netherlands, pp 25–37
- Diaz D, Morlacchini M, Masoero F, Moschini M, Fusconi G, Piva G (2006) Pea seeds (*Pisum sativum*), faba beans (*Vicia faba var. minor*) and lupin seeds (*Lupinus albus var. multitalia*) as protein sources in broiler diets: effect of extrusion on growth performance. *Italian Journal of Animal Science* 5:43–53
- Ditterline RL, Cooper C. (1975) Fifteen years with Sainfoin. *Bulletin, Montana Agricultural Experiment Station, Montana State University, Bozeman, MT*, pp 23
- Dubach M, Russelle P (1994) Forage legume roots and nodules and their role in nitrogen transfer. *Agronomy Journal* 86:259–266
- Dunbabin V, Diggle A, Rengel Z (2003) Is there an optimal root architecture for nitrate capture in leaching environments? *Plant, Cell and Environment* 26:835–844
- Dury F, Tan S, Wlacky W, Oloya T, Hamill S, Weaver E (1999) Red clover and tillage influence on soil temperature, water content, and corn emergence. *Agronomy Journal* 91:101–108
- Ђукић Д, Стевовић В, Јањић В (2009) Производња сточне хране на ораницама и травњацима. Издање: Пољопривредни факултет Нови Сад, Агрономски факултет Чачак, стр 592
- Ђукић D, Stevović V, Đurović D, Ilić O, Jerkov M (2008) Yield, Nutritional and Medicinal Properties of Alfalfa. *Acta Agriculturae Serbica* 8(26):85–95
- Eken C, Demirci E, Dane E (2004) Species of *Fusarium* on sainfoin in Erzurum, Turkey. *New Zeal J Agr Res* 47(2):261–263

- Entz MH, Bullied J, Katepa-Mupondwa F (1995) Rotational benefits of forage crops in Canadian Prairie cropping systems. *Journal of Production Agriculture* 8:521–529
- Ерић П, Михаиловоћ В, Ђупина Б, Микић А (2007) Једногодишње крмне махунарке. Институт за ратарство и повртарство у Новом Саду, стр 272
- Escaray JF, Menendez BA, Garriz A, Pieckenstain LF, Estrell JM, Castagno NL, Carrasco P, Sanjuan J, Ruiz AO (2012) Ecological and agronomic importance of the plant genus *Lotus*. Its application in grassland sustainability and the amelioration of constrained and contaminated soils. *Plant Science* 182:121–133
- European Parliament and Council (1991) Directive 91/676/EEC concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources. *Official Journal of the European Union* 375:1–8
- European Parliament and Council (2000) Directive 2000/60/EC establishing a framework for community action in the field of water policy. *Official Journal of the European Union* 327:1–73
- European Parliament and Council (2001) Directive 2001/81/EC on national emission ceilings for certain atmospheric pollutants. *Official Journal of the European Union* 309:22–30
- Everwand G, Rösch V, Tschardt T, Scherber C (2014) Disentangling direct and indirect effects of experimental grassland management and plant functional-group manipulation on plant and leafhopper diversity. *BMC Ecology* 14(1):1
- Zarea MJ, Ghalavand A, Jamshidi E (2008) Role of forage legumes mixed cropping on biomass yield and bacterial community composition. In: Neuhoﬀ D (ed) *Proceedings of the Second Scientific Conference of the International Society of Organic Agriculture Research*. Modena, Italy, pp 180–183
- Zemenchik RA, Wollenhaupt C, Albrecht S, Bosworth H (1996) Runoﬀ, erosion, and forage production from established alfalfa and smooth bromegrass. *Agronomy Journal* 88:461–466
- Zemenchik RA, Albrecht KA, Boerboom CM, Lauer J (2000) Corn production with kura clover as a living mulch. *Agronomy Journal* 92:698–705
- Zhang F, Smith L (2002) Interorganismal signaling in suboptimum environments: The legume-rhizobia symbiosis. *Advances in Agronomy* 76:125–161
- Zhu Y, Sheaffer CC, Russelle PM, Vance PC (1998) Dry matter accumulation and dinitrogen fixation of annual *Medicago species*. *Agronomy Journal* 90:103–108
- Zollinger RK, Meyer DV (1996) Imazethapyr for weed control in alfalfa establishment. *Weed Science* 49:19–21
- Ingle NP, Doke SS (2006) Analysis of sunnhemp fibers processed using jute spinning system. *Industrial Crops and Products* 23:235–243

- Ixtaina VY, Mujica MM (2010) Seedling vigor response of *Lotus tenuis* populations to contrasting variations of water and nutrient availability. *Agrociencia* 44:31–41
- Jedel PE, Helm JH (1993) Forage potential of pulse-cereal mixtures in central Alberta. *Canadian Journal of Plant Science* 73:437–444
- Jefferson PG, Lawrence T, Irvine, RB, Kielly GA (1994) Evaluation of sainfoin-alfalfa mixtures for forage production and compatibility at a semiarid location in southern Saskatchewan. *Can J Plant Sci* 74(4):785–791
- Jensen CR, Joernsgaard B, Andersen MN, Christiansen JL, Mogensen VO, Friis P, Petersen CT (2004) The effect of lupins as compared with peas and oats on the yield of the subsequent winter barley crop. *European Journal of Agronomy* 20:405–418
- Jensen ES, Peoples MB, Hauggaard-Nielsen H (2010) Faba bean in cropping systems. *Field Crops Research* 115:203–216
- Jensen ES, Peoples MB, Boddey RM, Gresshoff PM, Hauggaard-Nielsen H, Alves BJR, Morrison MJ (2012) Legumes for mitigation of climate change and the provision of feedstock for biofuels and biorefineries. *Agronomy for Sustainable Development* 32:329–364
- Jeranyama P, Hesterman B, Sheaffer C (1998) Medic planting date effect on dry matter and nitrogen accumulation when clear-seeded or intercropped with corn. *Agronomy Journal* 90:616–622
- Jezierny D, Mosenthin R, Bauer E (2010) The use of grain legumes as a protein source in pig nutrition. *Animal Feed Science and Technology* 157:111–128
- Jin QJ, Zhu KK, Cui WT, Xie YJ, Han B, Shen WB (2013) Hydrogen gas acts as a novel bioactive molecule in enhancing plant tolerance to paraquat-induced oxidative stress via the modulation of heme oxygenase-1 signalling system. *Plant Cell Environ* 36:956–969
- Jordan D, Miles RJ, Hubbard VC, Lorenz T (2004) Effect of management practices and cropping systems on earthworm abundance and microbial activity in Sanborn Field: a 115-year-old agricultural field. *Pedobiologia* 48(2):99–110
- Jourand P, Rapior S, Fargette M, Mateille T (2004) Nematostatic activity of aqueous extracts of West African *Crotalaria* species. *Nematology* 6:765–771
- Julier B, Gastal F, Louarn G, Badenhausser I, Annicchiarico P, Crocq G, Le Chatelier D, Guillemot E, Jean-Claude Emile (2017) Lucerne (Alfalfa) in European Cropping Systems. In: Murphy-Bokern D, Stoddard FL, Watson CA (eds) *Legumes in Cropping systems*, CAB International, Willingford, UK, pp 168–192
- Jussila MM, Jurgens G, Lindström K, Suominen L (2006) Genetic diversity of culturable bacteria in oil-contaminated rhizosphere of *Galega orientalis*. *Environmental Pollution* 139:244–257

- Justes E, Thiébeau P, Cattin G, Larbre D, Nicolardot B (2001) Libération d'azote après retournement de luzerne. Un effet sur deux campagnes. *Perspectives Agricoles* 264:22–28
- Kaksonen AH, Jussila MM, Lindström K, Suominen L (2006) Rhizosphere effect of *Galega orientalis* in oil-contaminated soil. *Soil Biology and Biochemistry* 38:817–827
- Kamm B, Hille C, Schönicke P, Dautzenberg G (2010) Green biorefinery demonstration plant in Havelland (Germany). *Biofuels, Bioproducts and Biorefining* 4:253–262
- Karlen DL, Varvel GE, Bullock DG, Cruse RM (1994) Crop rotations for the 21st century. *Advances in Agronomy* 53:1–45
- Karnezos TP, Matches AG, Brown CP (1994) Spring lamb production on alfalfa, sainfoin, and wheatgrass pastures. *Agron J* 86(3):497–502
- Kelner DJ, Vessey JK, Entz MH (1997) The nitrogen dynamics of 1-, 2- and 3-year stands of alfalfa in a cropping system. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 64:1–10
- Khalilvandi-Behroozyar H, Dehghan-Banadaky M, Rezayazdi K (2010) Palatability, in situ and in vitro nutritive value of dried sainfoin (*Onobrychis viciifolia*). *J Agr Sci* 148(6):723–733
- Kingston-Smith AH, Theodorou MK (2000) Post-ingestion metabolism of fresh forage. *New Phytologist* 148:37–55
- Kingston-Smith AH, Bollard AL, Armstead IP, Thomas BJ, Theodorou MK (2003a) Proteolysis and cell death in clover leaves is induced by grazing. *Protoplasma* 220:119–129
- Kingston-Smith AH, Bollard AL, Shaw RK, Davies TE, Theodorou MK (2003b) Correlations between protein content and protease activity in forage crops. *Aspects of Applied Biology* 70:101–106
- Kirkegaard JA, Christen O, Krupinsky J, Layzell D (2008) Break crop benefits in temperate wheat production. *Field Crops Research* 107:185–195
- Kirwan L, Lüscher A, Sebastià MT, Finn JA, Collins RP, Porqueddu C, Helgadóttir Á, Baadshaug OH, Brophy C, Coran C, Dalmannsdóttir S, Delgado I, Elgersma A, Fothergill M, Frankow-Lindberg BE, Golinski P, Grieu P, Gustavsson AM, Höglind M, Huguenin-Elie O, Iliadis C, Jørgensen M, Kadziuliene Z, Karyotis T, Lunnan T, Malengier M, Maltoni S, Meyer V, Nyfeler D, Nykanen-Kurki P, Parente J, Smit HJ, Thumm U, Connolly J (2007) Evenness drives consistent diversity effects in an intensive grassland system across 28 European sites. *Journal of Ecology* 95:530–539
- Kjærgaard T (1995) Agricultural development and nitrogen supply from an historical point of view. *Biological Agriculture and Horticulture* 11:3–14

- Knight JD (2012) Frequency of field pea in rotations impacts biological nitrogen fixation. *Canadian Journal of Plant Science* 92:1005–1011
- Kocer A, Albayrak S (2012) Determination of forage yield and quality of pea (*Pisum sativum* L.) mixtures with oat and barley. *Turkish Journal of Field Crops* 17(1):96–99
- Koivisto JM (2002) Semi-leafless pea: a cover crop for establishing lucerne or red clover. PhD thesis, Royal Agricultural College, Cirencester and Coventry University, Coventry, UK, pp 430
- Komárek P, Pavlu V, Hejcman M (2010) Effect of depth and width of cultivation and sowing date on the establishment of red clover (*Trifolium pratense* L.) by rotary slot-seeding into grassland. *Grass and Forage Science* 65:154–158
- Korsaeth A, Henriksen TA, Bakken LR (2002) Temporal changes in mineralisation and immobilisation of N during degradation of plant material: implications for the plant N supply and nitrogen losses. *Soil Biology and Biochemistry* 34:789–799
- Krogdahl Å, Penn MH, Thorsen J, Refstie S, Bakke AM (2010) Important antinutrients in plant feedstuffs for aquaculture: an update on recent findings regarding responses in salmonids. *Aquaculture Research* 41:333–344
- Krstić Đ, Čupina B, Erić P, Mihailović V (2005) Fodder pea as companion crop in red clover establishment – effects on red clover morphological and physiological parameters. Book of Abstracts for the XVI Symposium of the Society of Plant Physiology of Srbija i Crna Gora. Bajina Bašta, Serbia, p 11
- Kumar K, Goh KM, Donald LS (1999) Crop residues and management practices: effects on soil quality, soil nitrogen dynamics, crop yield, and nitrogen recovery. *Advances in Agronomy* 68:197–319
- Lamb JFS, Barnes K, Russelle P, Vance P, Heichel H, Henjum I (1995) Ineffectively and effectively nodulated alfalfas demonstrate biological nitrogen fixation continues with high nitrogen fertilization. *Crop Science* 35:153–157
- Lamb JFS, Sheaffer CC, Samac DA (2003) Population density and harvest maturity effects on leaf and stem yield in alfalfa. *Agronomy Journal* 95:635–641
- Lampkin N (1994) Organic farming. Farming Press Books, Ipswich, UK, pp 726
https://www.abebooks.co.uk/servlet/BookDetailsPL?bi=30230682224&searchurl=an%3DLampkin%26sortby%3D20%26tn%3Dorganic%2Bfarming&m_sp=snippet-_-srp1-_-image10
- Larbi A, Hassan S, Kattash G, Abd El-Moneim M, Jammal B, Nabil H, Nakkul H (2010) Annual feed legume yield and quality in dryland environments in north-west Syria: 1. Herbage yield and quality. *Animal Feed Science and Technology* 160:81–89

- Lassaletta L, Billen G, Romero E, Garnier J, Aguilera E (2014) How changes in diet and trade patterns have shaped the N cycle at the national scale: Spain (1961–2009). *Regional Environmental Change* 14:785–797
- Ledgard SF (1991) Transfer of fixed nitrogen from white clover to associated grasses using ¹⁵N methods in swards grazed by dairy cows. *Plant and Soil* 131:215–223
- Ledgard SF, Steele W (1992) Biological nitrogen fixation in mixed legume/grass pastures. *Plant and Soil* 141:137–153
- Ledgard SF (2001) Nitrogen cycling in low input based agriculture, with emphasis on legume/grass pasture. *Plant and Soil* 228:4–59
- Ledgard SF, Schils RLM, Eriksen J, Luo J (2009) Environmental impacts of grazed clover/grass pastures. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 48:209–226
- Lee MRF, Winters AL, Scollan ND, Dewhurst RJ, Theodorou MK, Minchin FR (2004) Plant-mediated lipolysis and proteolysis in red clover with different polyphenol oxidase activities. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 84:1639–1645
- Lemaire G, Cruz P, Gosse G, Chartier M (1985) Etude des relations entre la dynamique de prélèvement d'azote et le dynamique de croissance en matière sèche d'un peuplement de luzerne (*Medicago sativa* L.). *Agronomie* 5:685–692
- Lemaire G, Allirand JM (1993) Relation entre croissance et qualité de la luzerne: interaction genotype–mode d'exploitation. *Fourrages* 134:183–198
- Liebman M, Dyck E (1993) Crop rotation and intercropping strategies for weed management. *Ecological Applications* 3:92–122
- Lindén B (2008) Efterverkan av olika förfrukter: inverkan på stråsådesgrödors avkastning och kvävetillgång – en litteraturöversikt. Division of Precision Agriculture, Swedish University of Agricultural Sciences, Skara, Sweden, pp65
- Lindström K, Murwira M, Willems A, Altier N (2010) The biodiversity of beneficial microbe–host mutualism: the case of rhizobia. *Research in Microbiology* 161(6):453–463
- Liu XM, Wu JJ, Xu JM (2013) Characterizing the risk assessment of heavy metals and sampling uncertainty analysis in paddy field by geostatistics and GIS. *Environ Pollut* 141:257–264
- Lory JA, Russelle MP, Heichel GH (1992) Quantification of symbiotically fixed nitrogen in soil surrounding alfalfa roots and nodules. *Agronomy Journal* 84:1033–1040
- Louarn G, Pereira-Lopès E, Fustec J, Mary B, Voisin AS, de Faccio Carvalho PC, Gastal F (2015) The amounts and dynamics of nitrogen transfer to grasses

- differ in alfalfa and white clover-based grass–legume mixtures as a result of rooting strategies and rhizodeposit quality. *Plant and Soil* 389:289–305
- Lugtenberg B, Kamilova F (2009) Plant-growth-promoting rhizobacteria. *Annual Review of Microbiology* 63:541–556
- Lupwayi NZ, Lafond GP, May WE, Holzapfel CB, Lemke RL (2012) Intensification of field pea production: impact on soil microbiology. *Agronomy Journal* 104:1189–1196
- Maamouri A, Louarn G, Gastal F, Béguier V, Julier B (2015) Effects of lucerne genotype on morphology, biomass production and nitrogen content of lucerne and tall fescue in mixed pastures. *Crop and Pasture Science* 66:192–204
- MacAdam JW, Griggs TC, Beuselinck PR, Grabber JH (2006) Birdsfoot trefoil, a valuable tannin-containing legume for mixed pastures. *Forage and Grazinglands* 9:1-12
- Macleod CJA, Binley A, Hawkins SL, Humphreys MW, Turner LB, Whalley WR, Haygarth PM (2007) Genetically modified hydrographs: what can grass genetics do for temperate catchment hydrology? *Hydrological Processes* 21:2217–2221
- Maimaiti J, Zhang Y, Yang J, Cen YP, Layzell DB, Peoples M, Dong Z (2007) Isolation and characterization of hydrogen-oxidizing bacteria induced following exposure of soil to hydrogen gas and their impact on plant growth. *Environmental Microbiology* 9:435–444
- Malézieux E, Crozat Y, Dupraz C, Laurans M, Makowski D, Ozier-Lafontaine H, Rapidel B, deTourdonnet S, Valantin-Morison M (2009) Mixing plant species in cropping systems: concepts, tools and models. *Agronomy for Sustainable Development* 29:43–62
- Malik PK, Singhal KK (2009) Effect of lucerne (*Medicago sativa*) fodder supplementation on nutrient utilization and enteric methane emission in male buffalo calves fed on wheat straw-based total mixed ration. *Indian Journal Animal Science* 79:416–421
- Marley CL, Fraser MD, Fychan R, Theobald VJ, Jones R (2005) Effect of forage legumes and anthelmintic treatment on the performance, nutritional status and nematode parasites of grazing lambs. *Veterinary Parasitology* 131:267–282
- Marley L, Fychan R, Jones R (2006) Yield, persistency and chemical composition of Lotus species and cultivars (birdsfoot trefoil and greater birdsfoot trefoil) when harvested for silage in the UK. *Grass Forage Sci* 61:134–145
- Marshall AH, Michaelson-Yeates TPT, Abberton MT, Williams TA, Powell HG (2002) Variation for reproductive and agronomic traits among *T. repens* x

- T. nigrescens* third generation backcross hybrids in the field. *Euphytica* 126:195–201
- Marshall AH, Williams TA, Abberton MT, Michaelson-Yeates TPT, Olyott P, Powell HG (2004) Forage quality of white clover (*Trifolium repens* L.) x Caucasian clover (*T. ambiguum* M. Bieb) hybrids and their grass companion when grown over three harvest years. *Grass and Forage Science* 59:91–99
- Martin RC, Greyson RP, Gordon R (1999) Competition between corn and a living mulch. *Canadian Journal of Plant Science* 79:579–596
- Mayer J, Buegger F, Jensen ES, Schloter M, Hess J (2003) Estimating N rhizodeposition of grain legumes using a ¹⁵N in situ stem labelling method. *Soil Biology and Biochemistry* 35:21–28
- McCartney D, Fraser J (2010) The potential role of annual forage legumes in Canada. *Can J Plant Sci* 90:403–420
- McDonald GK (2003) Competitiveness against grass weeds in field pea genotypes. *Weed Research* 43:48–58
- Meena VS, Maurya BR, Meena RS, Meena SK, Singh NP, Malik VK (2014) Microbial dynamics as influenced by concentrate manure and inorganic fertilizer in alluvium soil of Varanasi, India. *African J Microb Res* 8(1):257–263
- Meiss H, Médiène S, Waldhardt R, Caneill J, Munier-Jolain N (2010) Contrasting weed species composition in perennial alfalfas and six annual crops: implications for integrated weed management. *Agronomy for Sustainable Development* 30(3):657–666
- Meyer DW, Badaruddin M (2001) Frost tolerance of ten seedling legume species at four growth stages. *Crop Sci* 41(6):1838–1842
- Midega CAO, Khan ZR, Van den Berg J, Ogol CKPO, Bruce TJ, Pickett JA (2009) Non-target effects of the ‘push-pull’ habitat management strategy: parasitoid activity and soil fauna abundance. *Crop Protection* 28(12):1045–1051
- Misselbrook TH, Nicholson FA, Chambers BJ, Johnson RA (2005) Measuring ammonia emissions from land applied manure: an intercomparison of commonly used samplers and techniques. *Environmental Pollution* 135(3):389–397
- Mihailović V, Mikić A (2004) Leaf type and grain yield in forage pea. *Genetika* 36(1):31–38
- Mihailović V, Matić R, Mikić A, Ćupina B (2005a) Possibilities for utilization of spring vetch for grain. *Contemporary Agriculture LIV* 3–4:318–322
- Mihailović V, Mikić A, Erić P, Vasiljević S, Ćupina B, Katić S (2005b) Protein pea in animal feeding. *Biotechnology in Animal Husbandry* 21:281–285
- Mihailović V, Mikić A, Ćupina B, Manojlović M, Krstić Đ, Čabilovski R, Vasiljević S, Halmajan HV (2006) Potential of annual legumes for forage and green

- manure production, pp 249–254 http://agricultura.usab-tm.ro/Simpo2007pdf/Parte%20I/Sectiunea%202/0201%20Mihailovic_Serbia_%20-%20OK.pdf 27.04.2020.
- Mihailović V, Mikić A, Ćupina B. (2007) Potential of annual legumes for utilisation in animal feeding. *Biotechnology in Animal Husbandry* 23(5-6):573–581
- Mikić A, Ćupina B, Katić S, Karagić Đ (2006) Importance of annual forage legumes in supplying plant proteins. *A Periodical of Scientific Research on Field and Vegetable Crops* 42(1):91–103
- Mikić A, Ćupina B, Mihailović V, Krstić D, Đorđević V, Perić V, Srebrić M, Antanasović S, Marjanović-Jeromela A, Kobiljski B (2012) Forage legume intercropping in temperate regions: models and ideotypes. In: Lichtfouse E (ed) *Sustainable Agriculture Reviews* 11. Springer Science+Business Media, Dordrecht, the Netherlands, pp 161–182
- Miller RM, Jastrow JD (1996) Contributions of legumes to the formation and maintenance of soil structure. In: Younie D (ed) *Legumes in sustainable farming systems*, Occasional Symposium. BGS, British Grassland Society, Reading, UK, 30: 105–112
- Min BR, Barry N, Attwood T, McNabb C (2003) The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants. *Anim Feed Sci Technol* 106:3–19
- Monti M, Pellicanò A, Santonoceto C, Preiti G, Pristeri A (2016) Yield components and nitrogen use in cereal-pea intercrops in Mediterranean environment. *Field Crops Research* 196:379–388
- Mortenson MC, Schuman GE, Ingram LJ (2004) Carbon sequestration in rangelands interseeded with yellow-flowering alfalfa (*Medicago sativa* ssp. *falcata*). *Environmental Management* 33:475–481
- Mortimer SR, Kessock-Philip R, Potts SG, Ramsay AJ, Roberts SPM, Woodcock BA, Hopkins A, Gundrey A, Tallwin J, Vickery J, Gough S (2006) Review of the diet and micro-habitat values for wildlife and the agronomic potential of selected grassland plant species. *English Nature Research Reports* 697
- Moynihán M, Simmons R, Sheaffer C (1996) Intercropping annual medic with conventional height and semidwarf barley grown for grain. *Agronomy Journal* 88:823–828
- Murphy-Bokern D, Peeters A, Westhoek H (2017) The Role of Legumes in Bringing Protein to the Table. In: Murphy-Bokern D, Stoddard F, Watson C (eds) *Legumes in Cropping systems*, CAB International, Willingford, UK, 18–36
- Mytton LR, Cresswell A, Colbourn P (1993) Improvement in soil structure associated with white clover. *Grass and Forage Science* 48:84–90
- Nemecek T, Von Richthofen JS, Dubois G, Casta P, Charles R, Pahl H (2008) Environmental impact of introducing grain legumes into European crop rotations. *European Journal of Agronomy* 28:380–393

- Neumann A, Torstensson G, Aronsson H (2011) Losses of nitrogen and phosphorus via the drainage system from organic crop rotations with and without livestock on a clay soil in southwest Sweden. *Organic Agriculture* 1:217–229.
- Nyfelner D, Huguenin-Elie O, Suter M, Frossard E, Connolly J, Lüscher A (2009) Strong mixture effects among four species in fertilized agricultural grassland led to persistent and consistent transgressive overyielding. *Journal of Applied Ecology* 46:683–691
- O’Dea JK, Miller PR, Jones CA (2013) Greening summer fallow with legume green manures: on-farm assessment in north-central Montana. *Journal of Soil and Water Conservation* 68:270–282
- 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
- Ominski PE, Entz H, Kenkel N (1998) Weed suppression by Medicagosativa in subsequent cereal crops: a comparative survey. *Weed Science* 47:282–290
- Osler GHR, van Vliet PCJ, Gauci CS, Abbott LK (2000) Changes in free living soil nematode and microarthropod communities under a canola–wheat–lupin rotation in Western Australia. *Australian Journal of Soil Research* 38(1):47–59
- Palander S, Laurinen P, Perttilä S, Valaja J, Partanen K (2006) Protein and amino acid digestibility and metabolizable energy value of pea (*Pisum sativum*), faba bean (*Vicia faba*) and lupin (*Lupinus angustifolius*) seeds for turkeys of different age. *Animal Feed Science and Technology* 127:89–100
- Pappa VA, Rees RM, Walker RL, Baddeley JA, Watson CA (2011) Nitrous oxide emissions and nitrate leaching in an arable rotation resulting from the presence of an intercrop. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 141:153–161
- Parker RJ, Moss, BR (1981) Nutritional value of sainfoin hay compared with alfalfa hay. *J Dairy Sci* 64(2):206–210
- Parveen I, Threadgill D, Moorby JM, Winters A (2010) Oxidative phenols in forage crops containing polyphenol oxidase enzymes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 58:1371–1382
- Paynel F, Murray J, Cliquet B (2001) Root exudates: a pathway for short-term N transfer from clover and ryegrass. *Plant and Soil* 229:235–243
- Pecetti L, Romani M, Piano E (2006) Persistence of morphologically diverse lucerne under continuous stocking and intensive grazing. *Australian Journal of Agricultural Research* 57:999–1007
- Pelikan J (2002) Yield evaluation of cultivars from the world collection of birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus* L.). *Rostlinna Vyroba* 48:265–270

- Pelletier N, Tyedmers P (2010) Forecasting potential global environmental costs of livestock production 2000–2050. In: Vitousek P (ed) Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA, PNAS, Stanford, CA, 107:18371–18374
- Peoples MB, Brockwell J, Herridge DF, Rochester IJ, Alves BJR, Urquiaga S, Boddey RM, Dakora FD, Bhattarai S, Maskey SL, Sampet C, Rerkasem B, Khan DF, Hauggaard-Nielsen H, Jensen ES (2009) The contributions of nitrogenfixing crop legumes to the productivity of agricultural systems. *Symbiosis* 48:1–17
- Peterson TA, Russelle P (1991) Alfalfa and the nitrogen cycle in the Corn Belt. *Journal of Soil and Water Conservation* 46:229–235
- Peterson PR, Sheaffer CC, Halla MH (1992) Drought effects on perennial forage legume yield and quality. *Agronomy Journal* 84:774–779
- Peyraud JL, Le Gall A, Lüscher A (2009) Potential food production from forage legume-based systems in Europe: an overview. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 48:115–135
- Phelan P, Moloney AP, McGeough EJ, Humphreys J, Bertilsson J, O’Riordan EG, O’Kiely P (2015) Forage legumes for grazing and conserving in ruminant production systems. *Critical Reviews in Plant Sciences* 34:281–326
- Picasso VD, Brummer EC, Liebman M, Dixon PM (2011) Diverse perennial crop mixtures sustain higher productivity over time based on ecological complementarity. *Renewable Agriculture and Food Systems* 26:317–327
- Pirhofer-Walzl K, Rasmussen J, Høgh-Jensen H, Eriksen J, Sørensen K, Rasmussen J (2012) Nitrogen transfer from forage legumes to nine neighbouring plants in a multi-species grassland. *Plant and Soil* 350:71–84
- Poggio SL (2005) Structure of weed communities occurring in monoculture and intercropping of field pea and barley. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 109(1–2):48–58
- Prew RD, Dyke GV (1979) Experiments comparing ‘break crops’ as a preparation for winter wheat followed by spring barley. *Journal of Agricultural Science* 92:189–201
- Pugh R, Witty JF, Mytton LR, Minchin FR (1995) The effect of waterlogging on nitrogen fixation and nodule morphology in soil-grown white clover (*Trifolium repens* L.). *Journal of Experimental Botany* 46:285–290
- Randall GW, Huggins R, Russelle P, Fuchs J, Nelson W, Anderson L (1997) Nitrate losses through subsurface tile drainage in CRP, alfalfa, and row crops systems. *Journal of Environmental Quality* 26:1240–1247
- Rasse DP, Smucker AJM, Schabenberger O (1999) Modifications of soil nitrogen pools in response to alfalfa root systems and shoot mulch. *Agronomy Journal* 91:471–477

- Rasse DP, Smucker M, Santos D (2000) Alfalfa root and shoot mulching effects on soil hydraulic properties and aggregation. *Soil Science Society of America Journal* 64:725–731
- Reckling M, Hecker JM, Bergkvist G, Watson CA, Zander P, Schläfke N, Stoddard FL, Eory V, Topp CFE, Maire J, Bachinger J (2016) A cropping assessment framework – evaluating effects of introducing legumes into crop rotations. *European Journal of Agronomy* 76:186–197
- Reverter M, Lundh T, Lindberg JE (1999) Ileal amino acid digestibilities in pigs of barleybased diets with inclusion of lucerne, white clover, red clover or perennial ryegrass. *British Journal of Nutrition* 82:139–147
- Rinne M, Nykänen A (2000) Timing of primary growth harvest affects the yield and nutritive value of timothy–red clover mixtures. *Agricultural and Food Science* 9:121–134
- Robson MC, Fowler SM, Lampkin NH, Leifert C, Leitch M, Robinson D, Watson CA, Litterick AM (2002) The agronomic and economic potential of break crops for ley/arable rotations in temperate organic agriculture. *Advances in Agronomy* 77:369–427
- Rochon JJ, Doyle CJ, Greef JM, Hopkins A, Molle G, Sitzia M, Scholefield D, Smith CJ (2004) Grazing legumes in Europe: a review of their status, management, benefits, research needs and future prospects. *Grass and Forage Science* 59:197–214
- Rogers HH (1976) Forages legumes (with particular reference to lucerne and red clover). Report of the Plant Breeding Institute for 1975. Plant Breeding Institute, Cambridge, UK, pp 35
- Ross SM, King R, Izaurralde C, O’Donovan T (2001) Weed suppression by seven clover species. *Agronomy Journal* 93:820–827
- Russelle MP, Lamb S, Montgomery R, Elsenheimer W, Miller S, Vance P (2001) Alfalfa rapidly remediates excess inorganic nitrogen at a fertilizer spill site. *Journal of Environmental Quality* 30:30–36
- Ryan J, Masri S, Pala M, Singh M (2009) Seasonal changes in organic matter and biomass and labile forms of carbon as influenced by Mediterranean crop rotations. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 40:931–946
- Samarappuli DP, Johnson BL, Kandel H, Berti MT (2014) Biomass yield and nitrogen content of annual energy/forage crops preceded by cover crops. *Field Crops Research* 167:31–39
- Sánchez-Díaz M (2001) Adaptation of legumes to multiple stresses in Mediterranean-type environments. In: Delgado I, Lloveras J (eds) *Quality in lucerne and medics for animal production. Options Méditerranéennes: Série A. Séminaires Méditerranéens. CHIEAM, Zaragoza*, pp 145–151

- Seguin P, Russelle PM, Sheaffer CC, Ehlke JN, Graham HP (2000) Dinitrogen fixation in Kura clover and birdsfoot trefoil. *Agronomy Journal* 92:1216-1220
- Seguin P, Sheaffer CC, Ehlke JN, Graham HP, Russelle PM (2001) Nitrogen fertilization and rhizobial inoculation effects on Kura clover growth. *Agronomy Journal* 93:1262-1268
- Schjørring P, Munkholm LJ, Elmholt S, Olesen JE (2007) Organic matter and soil tilth in arable farming: management makes a difference within 5-6 years. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 122:157-172
- Schoofs A, Entz MH (2000) Influence of annual forages on weed dynamics in a cropping system. *Can J Plant Sci* 80:187-198
- Schreurs NM, Mcnabb WC, Tavendale MH, Lane GA, Barry TN, Cummings T, Fraser K, López-Villalobos N, Ramírez-Restrepo CA (2007) Skatole and indole concentration and the odour of fat from lambs that had grazed perennial ryegrass/white clover pasture or *Lotus corniculatus*. *Animal Feed Science and Technology* 138(3-4):254-271
- Scott JT, Condron LM (2003) Dynamics and availability of phosphorus in the rhizosphere of a temperate silvopastoral system. *Biology and Fertility of Soils* 39:65-73
- Seitzinger S (2008) Nitrogen cycle: out of reach. *Nature* 452:162-163
- Seymour M, Siddique M, Brandon N, Martin L, Jackson E (2002) Response of vetch (*Vicia spp.*) to plant density in southwestern Australia. *Australian J Exp Agric* 42:1043-1051
- Sheaffer CC, Barnes K, Heichel H (1989) Annual Alfalfa in Crop Rotation. Minnesota Agriculture Experiment Station, Bulletin, St. Paul, MN, pp 588
- Sheaffer C, Mathison D, Martin P, Rabas L, Ford J, Swanson R (1993) Forage Legumes: Clovers, Birdsfoot Trefoil, Cicer Milkvetch, Crownvetch, Sainfoin and Alfalfa. Station Bulletin 597, Agricultural Experiment Station, St. Paul, Minnesota, pp 40
- Sheaffer CC, Martin P, Lamb S, Cuomo J, Jewett G, Quiry R (2000) Leaf and stem properties of alfalfa entries. *Agronomy Journal* 92:733-739
- Sheaffer CC, Seguin P (2003) Forage Legumes for Sustainable Cropping Systems. *Journal of Crop Production* 8(1-2):187-216
- Sheldrick R, Thomson D, Newman G (1987) Sainfoin. Legumes for milk and meat, Chalcombe Publications, Marlow, UK, pp 59-69
- Sheldrick RD, Martyn TM (1992) Further developments with Lotus screening in the U.K. *Lotus Newsletter*, 23:37-40
- Shinozuka H, Cogan NO, Spangenberg GC, Forster JW (2012) Quantitative Trait Locus (QTL) meta-analysis and comparative genomics for candidate gene prediction in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). *BMC Genet* 13:101

- Signorelli S, Casaretto E, Monza J, Borsani O (2015) Combined Abiotic Stress in Legumes. In: Mahalingam R (ed) Combined Stress in Plants. Springer International Publishing, Switzerland pp 123–145
- Sileshi G, Mafongoya PL (2007) Quantity and quality of organic inputs from coppicing leguminous trees influence abundance of soil macrofauna in maize crops in eastern Zambia. *Biology and Fertility of Soils* 43(3):333–340
- Singer W, Cox J (1998) Agronomics of corn production under different crop rotations. *Journal of Production Agriculture* 11:462–468
- Sivakumaran S, Meagher LP, Foo LY, Lane GA, Fraser K, Rumball W (2004) Floral procyanidins of the forage legume red clover (*Trifolium pratense* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 52:1581–1585
- Sjödin J (1986) Foderväxter. In: Olsson G, Hagberg A, Hummel-Gumaelius T (eds) Svalöf 1886–1986. Växtförädling under 100 år. Svalöf AB, Svalöv, Sweden, pp 157–165
- Smith SR, Bouton JH, Singh A, McCaughey WP (2000) Development and evaluation of grazing-tolerant alfalfa cultivars. *Canadian Journal of Plant Science* 80:503–512
- Spandl E, Kells JJ, Hesterman OB (1999) Weed invasion in new stands of alfalfa with perennial forage grasses and an oat companion crop. *Agronomy Journal* 39:1120–1124
- Spehn EM, Joshi J, Schmid B, Alphei J, Körner C (2000) Plant diversity effects on soil heterotrophic activity in experimental grassland ecosystems. *Plant and Soil* 224:217–239
- Статистички годишњак Републике Српске (2019) Поглавље 14, Пољопривреда и рибарство, стр 263–294, новембар 2019 https://www.rzs.rs.ba/static/uploads/bilteni/godisnjak/2019/StatistickiGodisnjak_2019_WEB.pdf
- Стевовић В, Бокан Н, Ђуровић Д (2000) Ефекат примене органских и минералних ђубрива на принос и квалитет зрна кукуруза, овса и јарог сточног грашка. *Екоконференција* 1:417–422
- Стевовић В, Ђукић Д (2002) Утицај агромага, органских и минералних ђубрива на принос и квалитет крмног грашка (*Pisum sativum* ssp. *arvense* L.). У: Ружицић П (ур) Међународна конференција Tempo XP. Технички факултет, Чачак, 3:171–179
- Стевовић В, Ђукић Д, Ђуровић Д, Мандић Л (2007) Утицај инокулације семена и калцификације земљишта на принос и квалитет крме луцерке и црвене детелине. У: Миладиновић Д (ур) Зборник радова, Института за ратарство и повртарство, Институт за ратарство и повртарство, Нови Сад, 44:253–260

- Стевовић В, Ђуровић Д, Лазаревић Б (2010) Утицај калцизације киселих земљишта и инокулације семена на принос и квалитет крме сорти луцерке. У: Милић В, Ралевић Н (ур) Први научни симпозијум агронома са муђународним учешћем, AgroSim, Јахорина. Пољопривредни факултет, Источно Сарајево, Пољопривредни факултет, Београд, стр 73–81
- Стевовић В, Ђуровић Д, Ђукић Д, Јарак М (2011) Примена кречних материјала и бактеризације у унапређењу производње квалитетне сточне хране на киселим земљиштима. У: Ђукић Д, Стевовић В (ур) Оплећењавање крмних биљака и производња сточне хране на ораницама. Универзитет у Крагујевцу, Агрономски факултет, Чачак, стр 189–227
- Stevović V, Đukić D, Đurović D (2004a) Kalcifikacija kiselih zemljišta kao mera za unapređenje proizvodnje lucerke i crvene deteline. Acta agriculturae Serbica 9(17):295–301
- Stevović V, Đukić D, Đurović D (2004b) Liming of acid soils as a measure of improving lucerne and red clover production. Grassland Science in Europe (9):454–456
- Stevović D, Đukić D, Đurović D, Mandić L (2005a) Pre-sowing seed inoculation as a factor to improve yield and quality of perennial legumes on acid soil. Grassland Science in Europe 10:285–288
- Stevović V, Đukić D, Đurović D, Mandić L (2005b) Liming to be applied to enhancing lucerne yield and quality potential. In: Zdravkova Z (ed) Proceedings of the Union of Scientist – Ruse, Agrarians and Veterinary Medicines Sciences, Ruse, Bulgaria, 5:17–20
- Stevović V, Đukić D, Đurović D, Mandić L (2005c) Productive and qualitative traits of pea fodder and grain depending on nitrogen nutrition. Biotechnology in animal husbandry 21:287–291
- Stevović V, Đukić D, Đurović D, Mandić L (2006a) Uticaj kalcifikacije i inokulacije семена на принос и квалитет крме луцерке. Biotechnology in Animal Husbandry 22:513–523
- Stevović V, Đukić D, Đurović D, Mandić L, Bokan N (2006b) The effect of nitrogen fertilization on the yield and quality of field pea (*Pisum sativum*). Sustainable Grassland Productivity. Grassland Science in Europe 11:721–723
- Stevović V, Stanisavljević R, Đukić D, Đurović D (2008) The effect of plant density on forage and seed yields and quality of red clover (*Trifolium pratense* L.). Cereal Research Communications 36:1395–1398
- Stevović V, Đukić D, Đurović D (2009) Dry matter yield and quality of alfalfa genotypes. IV Simpozijum sa međunarodnim učешћem. У: Glamočlija Đ (ur)

- Inovacije u ratarskoj i povrtarskoj proizvodnji, Poljoprivredni fakultet, Beograd, p 63
- Stevović V, Đurović D, Đukić D, Lazarević B, Tomić D (2010a) Alfalfa response to low soil pH and liming. *Biotechnology in animal husbandry* 261:261–268
- Stevović V, Lazarević B, Đurović D, Beković D, Tomić D (2010b) Biomass yield and quality of alfalfa cultivars grown on pseudogley soil. In: Marić S, Lončarić Z (ed) *Proceedings of 45 th Croatian and 5th International Symposium on Agriculture, Faculty of Agriculture Osijek, Opatija, Croatia*, pp 930–934
- Stevović V, Lazarević B, Đurović D, Beković D, Tomić D (2010в) Bioamass yield and quality of alfalfa cultivars grown on pseudogley. In: Marić S, Lončarić Z (ed) *Proceedings of 45 th Croatian and 5th International Symposium on Agriculture, Faculty of Agriculture Osijek, Opatija, Croatia*, 5:930–934
- Stevović V, Tomić D, Đurović D, Bokan N, Stanisavljević R, Lazarević Đ (2012a) Forage yield of red clover grown for combined forage and seed production. In: Kovačević D (ed) *Book of Proceedings, Third International Scientific Symposium "Agrosym Jahorina 2012"*. Faculty of Agriculture, East Sarajevo, 3:230–234
- Stevović V, Stanisavljević R, Đukić D, Đurović D (2012b) Effect of row spacing on seed and forage yield in sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) cultivars. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 36(1):35–44
- Stevović V, Đurović D, Tomić D (2015) Liming of acid soils as a measure of improving high quality feed production. In: Kovačević D, Dolijanović Ž, Moravčević Đ (eds) *Book of abstracts, VII Symposium with international participation, Innovations in Crop and Vegetable Production, University of Belgrade, Faculty of Agriculture, Belgrade – Zemun, Institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad*, pp 12–13
- Stevović V, Lazarević Đ, Tomić D, Delić D, Đurović D (2017) Pre-sowing seed inoculation in the birdsfoot trefoil seed production. *AGROFOR International Journal* 2(1):41–47
- Stevović V, Tomić D, Đurović D, Madić M (2019) Mogućnost gajenja lupine na kiselom zemljištu. U: Vasiljević S, Bijelić Z, Mandić V (ur) *Zbornik apstrakata, XIV Simpozijum o krmnom bilju Srbije, Značaj i uloga krmnih biljaka u održivoj poljoprivredi Srbije*. Poljoprivredni fakultet, Zemun, 14:51–52
- Steinshamn H (2010) Effect of forage legumes on feed intake, milk production and milk quality. *Animal Science Papers and Reports*, 28:195–206
- Stevenson FC, van Kessel C (1997) Nitrogen contribution of pea residue in a hummocky terrain. *Soil Science Society of America Journal* 61:494–503
- Stobart RM, Morris NL (2011) New Farming Systems Research (NFS) project: long term research seeking to improve the sustainability and resilience of conventional farming systems. *Aspects of Applied Biology* 113:15–23

- Stoddard FL, Hovinen S, Kontturi M, Lindström K, Nykänen A (2009) Legumes in Finnish agriculture: history, present status and future prospects. *Agricultural and Food Science* 18:191–205
- Stoddard FL (2013) Novel feed and non-food uses of legumes. *Legume Futures Report* 1:3
- Storkey J, Döring T, Baddeley J, Collins R, Roderick S, Jones H, Watson C (2015) Engineering a plant community to deliver multiple ecosystem services. *Ecological Applications* 25:1034–1043
- Streeter J (1988) Inhibition of legume nodule formation and N₂ fixation by nitrate. *CRC Critical Reviews in Plant Science* 7:1–23
- Strydhorst SM, King JR, Lopetinsky KJ, Harker KN (2008) Forage Potential of Intercropping Barley with Faba Bean, Lupin, or Field Pea. *Agronomy Journal* 100(1):182–190
- Stute K., Posner L (1993) Legume cover crop options for grain rotations in Wisconsin. *Agronomy Journal* 85:1128–1132
- Stute JK, Posner L (1995) Synchrony between legume nitrogen release and corn demand in the upper Midwest. *Agronomy Journal* 87:1063–1095
- Subramaniyan S, Vadivelu S (1990) Effects of *Crotalaria spectabilis* extracts on *Meloidogyne incognita*. *International Nematology Network Newsletter* 7:8–9
- Sugiyama A, Yazaki K (2012) Root exudates of legume plants and their involvement in interactions with soil microbes. In: Vivanco M, Baluska (eds) *Secretions and Exudates in Biological Systems*. Springer, Heidelberg, Germany, pp 27–48
- Tacon AGJ, Hasan MR, Metian M (2011) Demand and supply of feed ingredients for farmed fish and crustaceans. Trends and prospects. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) Fisheries and Aquaculture Technical Paper 564. FAO Fisheries and Aquaculture Department, Rome, pp 87. <http://www.fao.org/3/ba0002e/ba0002e.pdf>
- Teasdale JR, Mohler L (2000) The quantitative relationship between weed emergence and physical properties of mulches. *Weed Science* 48:385–392
- Temperton VM, Mwangi PN, Scherer-Lorenzen M, Schmid B, Buchmann N (2007) Positive interactions between nitrogen-fixing legumes and four different neighbouring species in a biodiversity experiment. *Oecologia* 151:190–205
- Teng Y, Wang X, Li L, Li Z, Luo Y (2015) Rhizobia and their bio-partners as novel drivers for functional remediation in contaminated soils. *Front Plant Sci* 6(32):1–11
- Tesar MB, Marble VL (1988) Alfalfa establishment. In: Hanson A, Barnes K, Hill R (eds) *Alfalfa and Alfalfa Improvement*. American Society of Agronomy (ASA), Crop Science Society of America (CSSA), Soil Science Society of America (SSSA). Madison, Wisconsin, pp 303–332

- Tham DM, Gardner CD, Haskell WL (1998) Potential health benefits of dietary phytoestrogens: a review of the clinical, epidemiological, and mechanistic evidence. *The Journal of Clinical Endocrinology and Metabolism* 83:2223–2235
- Thiébeau P, Larbre D, Usunier J, Cattin G, Parnaudeau V, Justes E (2004) Effets d'apports de lisier de porcs sur la production d'une luzerne et la dynamique de l'azote du sol. *Fourrages* 180:511–525
- Thomas ML, Lal R, Logan T, Fausey R (1992) Land use and management effects on nonpoint loading from Miamian soil. *Soil Science Society of America Journal* 56:1871–1875
- Thomsen MH, Hauggaard-Nielsen H (2008) Sustainable bioethanol production combining biorefinery principles using combined raw materials from wheat undersown with clover-grass. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology* 35:303–311
- Thorsted MD, Soegaard K, Koefoed N (2002) Yield and quality of oat/white clover intercrops. *Grassland Science in Europe* 7:94–95
- Thorup-Kristensen K (1993) Root growth of nitrogen catch crops and of a succeeding crop of broccoli. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B: Soil and Plant Science* 43:58–64
- Томић Д (2017) Фолијарна примена минералних хранива у производњи семена црвене детелине на киселом земљишту. Докторска теза. Универзитет у Крагујевцу, Агрономски факултет у Чачку, стр 114
- Tomčić D, Stevović V, Đurović D, Lazarević Đ, Stanisavljević R (2012a) Effect of rainfall amounts on forage yield and water content in red clover (*Trifolium pratense* L.) grown for combined forage and seed production. In: Marietta H (ed) *Proceedings of the 11th Alps-Adria Scientific Workshop*. Slovak Academy of Sciences Institute of Hydrology, Smolenice, Slovakia, 61:129–132
- Tomčić D, Stevović V, Đurović D, Lazarević Đ (2012b) The impact of soil liming on the productivity of grass-legume mixture of red clover (*Trifolium pratense* L.) and italian ryegrass (*Lolium italicum* L.). *Acta Agriculturae Serbica* 17(33):21–29
- Tomčić D, Stevović V, Đurović D, Stanisavljević R (2014a) Effect of Cobalt Application on Seed Production in Red Clover (*Trifolium pratense* L.). *Journal of Agricultural Science and Technology* 16(3):517–526
- Tomčić D, Stevović V, Đurović D, Lazarević Đ, Stanisavljević R (2014b) Effect of Phosphorus and Potassium Foliar Treatment on Seed Yield and Yield Components of Red Clover (*Trifolium pratense* L.) Cultivars. *Journal of Agricultural Science and Technology B* 4(10):766–770
- Tomčić D, Stevović V, Đurović D, Stanisavljević R, Bokan N (2014c) Uticaj kalcijacije zemljišta na prinos krme i semena žutog zvezdana (*Lotus corniculatus* L.). U: Spasojević M (ur) *Zbornik radova XIX Savetovanja o*

- Biotehnologiji sa međunarodnim učešćem, Agronomski fakultet u Čačku, 19(21):77–81
- Tomić D, Stevović V, Đurović D, Bokan N, Stanisavljević R, Lazarević Đ (2014r) Effect of additional fertilizing with nitrogen on forage yield in red clover-italian ryegrass grass-legume mixture. In: Kovačević D (ed) Book of Proceedings, Fifth International Scientific Agricultural Symposium „Agrosym 2014“. Faculty of Agriculture, East Sarajevo, pp 175–180
- Tomić D, Stevović V, Đurović D, Bokan N, Stanisavljević R, Lazarević Đ (2015a) Additional fertilizing with nitrogen in red clover forage production on acid soil. In: Pospišil M (ed) Proceeding of 50 th Croatian and 10th International Symposium on Agriculture. University of Zagreb, Faculty of Agriculture, Zagreb, Croatia, pp 359
- Tomić D, Stevović V, Đurović D, Lazarević Đ, Stanisavljević R (2015b) Uticaj folijarne primene kobalta, bora, fosfora i kalijuma na nodulaciju crvene deteline na kiselom zemljištu. In: Erić P (ed) Zbornik apstrakata, XIII simpozijum o krmnom bilju, «Stanje i perspektive proizvodnje krmnog bilja u Republici Srbiji». Poljoprivredni fakultet, Novi Sad, 13:44–45
- Tomić D, Stevović V, Đurović D, Madić M, Bokan N, Stanisavljević R (2015b) Boron application in red clover (*Trifolium pratense* L.) seed production. Irish Journal of Agricultural and Food Research 54(1):59–63
- Tomić D, Stevović V, Đurović D, Bokan N, Popović B, Knežević J (2018a) Forage yield of a grass-clover mixture on an acid soil in the third year after soil liming. Journal of Central European Agriculture 19(2):482–489
- Tomić D, Stevović V, Đurović D, Madić M, Knežević J, Bokan N, Terzić D (2018b) Prinos sorti žutog zvezdana na zemljištu bazne reakcije. U: Stevović V (ur) Zbornik radova XXIII Savetovanja o Biotehnologiji sa međunarodnim učešćem, Agronomski fakultet u Čačku, 23(25):89–94
- Tomić D, Stevović V, Đurović D, Madić M (2019) Produktivnost soje na lesiviranoj smonici kisele reakcije. U: Vasiljević S, Bijelić Z, Mandić V (ur) Zbornik apstrakata, XIV Simpozijum o krmnom bilju Srbije. Značaj i uloga krmnih biljaka u održivoj poljoprivredi Srbije. Poljoprivredni fakultet, Zemun, 14:57–58
- Tomić D, Stevović V, Đurović D, Stanisavljević R, Madić M, Petrović M, Lazarević Đ, Knežević J (2020) Seed testing of foliar-fertilised red clover crops after various periods of storage. Notulae Botanice Horti Agrobotanici 48(1):248–293
- Topp CFE, Doyle CJ (2004) Modelling the comparative productivity and profitability of grass and legume systems of silage production in northern Europe. Grass and Forage Science 59:274–291

- 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
- Trenbath BR (1993) Intercropping for the management of pests and diseases. *Field Crop Research* 34:381–405
- Trushenski JT, Kasper CS, Kohler CC (2006) Challenge and opportunities in finfish nutrition. *North American Journal of Aquaculture*, 68:122–140
- Tscharntke T, Klein AM, Kruess A, Steffan-Dewenter I, Thies C (2005) Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity–ecosystem service management. *Ecology Letters* 8(8):857–874
- Turan F (2006) Improvement of growth performance in tilapia (*Oreochromis aureus* L.) by supplementation of red clover (*Trifolium pratense*) in diets. *The Israeli Journal of Aquaculture-Bamidgeh* 58:34–38
- Türk MA (1999) Effect of sowing date and plant population on seed and herbage yield in common vetch (*Vicia sativa*). *Legume Research* 22:71–76
- Tuulos A, Yli-Halla M, Stoddard FL, Mäkelä PSA (2014) Winter turnip rape as a soil N scavenging catch crop in a cool humid climate. *Agronomy for Sustainable Development* 35:359–366
- Ćupina B, Mihailović V, Erić P (2000) Management practices for yield and quality of field pea. *Ratarstvo i povrtarstvo* 33:91–102
- Ćupina B, Erić P, Krstić Đ, Vučković S (2004) Forage catch crops in sustainable agriculture and organing farming. *Acta Agriculturae Serbica* 9:451–459
- Ćupina B, Krstić Đ, Mikić A, Erić P, Vučković S, Pejić B (2010) Field pea companion crop management on red clover establishment and productivity. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 34:275–283
- Ćupina B, Mikić A, Krstić Đ, Antanasović S, Erić P, Đorđević V, Perić V (2011a) Intercropping white lupin with other annual legumes for forage and grain production. In: Naganowska B, Kachlicki P, Wolko B (eds) *Book of Abstracts for the 13th International Lupin Conference*. Poznan, Poland, pp 25
- Ćupina B, Mikić A, Stoddard FL, Krstić Đ, Justes E, Bedoussac L, Fustec J, Pejić B (2011b) Mutual legume intercropping for forage production in temperate regions. In: Lichtfouse E (ed) *Sustainable Agriculture Reviews 7. Genetics, Biofuels and Local Farming Systems*. Springer Science+Business Media, Dordrecht, the Netherlands, pp 347–365
- Ćupina B, Mikić A, Krstić Đ, Vujić S, Zorić L, Đorđević V, Erić P (2017) Mixtures of Legumes for Forage Production. In: Murphy-Bokern D, Stoddard FL, Watson CA (eds) *Legumes in Cropping Systems*. CABI, Oxfordshire, pp 193-208
- Uzun A, Bilgili U, Sincik M, Açıkgöz E (2004) Effects of Seeding Rates on Yield and Yield Components of Hungarian Vetch (*Vicia pannonica* Crantz.). *Turk J Agric For* 28:179–182

- Uzun F, Dönmez HB, Ocak N (2015) Genetic potential of wild birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus* L.) seeds collected from different geographical locations regarding to nutrient composition and nutritive value. *Agroforest Syst* 89:963–972
- FAO (2010) The state of food and agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, pp 147, <http://www.fao.org/3/a-i2050e.pdf> 26.04.2020.
- Fester T, Giebler J, Wick LY, Schlosser D, Kästner M (2014) Plant-microbe interactions as drivers of ecosystem functions relevant for the biodegradation of organic contaminants. *Curr Opin Biotechnol* 27:168–175
- Fischer A, Burrill L (1993) Managing interference in a sweet corn-white clover living mulch system. *American Journal of Alternative Agriculture* 8:51–56
- Forenbacher S (1998) Otroвне biljke i biljna otrovanja životinja. Školska knjiga dd, Zagreb, str 436
- Foster L, Adesogan T, Carter N, Sollenberger E, Blount R, Myer O, Phatak C, Maddox K (2009) Annual Legumes for Forage Systems in the United States Gulf Coast Region. *Agronomy Journal* 101(2):415–421
- Frame J, Charlton JFL, Laidlaw AS (1998) Temperate Forage Legumes. CAB International, Wallingford, UK, pp 336
- Frame J (2005) Forage Legumes for Temperate Grasslands. Science Publishers Inc, Taylor and Francis group, CRC Press Einfeld, New Hampshire, pp 320
- Frankow-Lindberg BE (1985) Betning och slätter av slättervallens återväxt. Inverkan av intensiteten i utnyttjandet på vallens avkastning, kvalitet samt övervintringsförmåga. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för växtodling, 146: 19
- Frankow-Lindberg BE, Brophy C, Collins RP, Connolly J (2009) Biodiversity effects on yield and unsown species invasion in a temperate forage ecosystem. *Annals of Botany* 103(6):913–921
- Frankow-Lindberg BE, Dahlin AS (2013) N₂ fixation, N transfer, and yield in grassland communities including a deep-rooted legume or non-legume species. *Plant and Soil* 370:567–581
- Frankow-Lindberg B (2017) Red Clover in Cropping Systems. In: Murphy-Bokern D, Stoddard F, Watson AC (eds) *Legumes in Cropping systems*. CAB International, Wallingford, UK, 157–167
- Fraser J, McCartney D, Najda H, Mir Z (2004) Yield potential and forage quality of annual forage legumes in southern Alberta and northeast Saskatchewan. *Canadian Journal of Plant Science* 84:143–155
- Frye W, Blevins L, Smith S, Corak J, Varco J (1988) Role of annual legume cover crops in efficient use of water and nitrogen. In Hargrove W (ed) *Cropping*

- Strategies for Efficient Use of Water and Nitrogen. American Society of Agronomy, Madison, WI, 129–154
- Fustec J, Lesuffleur F, Mahieu S, Cliquet JB (2010) N rhizodeposition of legumes. *Agronomy for Sustainable Development* 30:57–66
- Hall MH, Cherney JH (2007) Birdsfoot trefoil. *Agronomy Facts* 20. Pennsylvania State University, Cooperative Extension Service, University Park, PA, pp 4
- Hanna MR, Cooke DA, Smoliak S, Goplen BP (1972) Sainfoin for western Canada. Dep Agr Pub, Communications Branch, Agriculture Canada, Ottawa, Ontario, pp 1470
- Hao XL, Lin YB, Johnstone L, Baltrus DA, Miller SJ, Wei GW (2012) Draft genome sequence of plant growth-promoting rhizobium *Mesorhizobium amorphae*, isolated from zinc-lead mine tailings. *J Bacteriol* 194:736–737
- Harris GH, Hesterman B (1990) Quantifying the nitrogen contribution from alfalfa to soil and two succeeding crops using nitrogen-15. *Agronomy Journal* 82:129–134
- Hassanpour S, Mahersis N, Eshratkhah B, Baghbani Mehmandar F (2011) Plants and secondary metabolites (Tannins). *Int J Forest Soil Erosion* 1:47–53
- Haugaard-Nielsen H, Ambus P, Jensen ES (2001) Interspecific competition, N use and interference with weeds in pea–barley intercropping. *Field Crops Research* 70(2):101–109
- Haugaard-Nielsen H, Ambus P, Jensen S (2003) The comparison of nitrogen use and leaching in sole cropped versus intercropped pea and barley. *Nutr Cycling Agroecosyst* 65:289–300
- Herman EM, Schmidt MA (2016) The potential for engineering enhanced functional-feed soybeans for sustainable aquaculture feed. *Frontiers in Plant Science* 7:440
- Hesterman OB, Russelle P, Sheaffer C, Heichel H (1987) Nitrogen utilization from fertilizer and legume residues in legume-corn rotations. *Agronomy Journal* 79:726–731
- Hesterman B, Griffin S, Williams T, Harris H, Christenson R (1992) Forage legume-small grain intercrops: nitrogen production and response of subsequent corn. *Journal of Production Agriculture* 5:340–348
- Heuzé V, Tran G, Boval M, Lebas F, Lessire M, Noblet J, Renaudeau D (2013) Alfalfa (*Medicago sativa*). A programme by Institut National de la Recherche Agronomique, Centre de coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement, Association Française de Zootechnie and the Food and Agriculture Organization of the United Nations. Feedipedia, Animal Feed Resources Information System <https://www.feedipedia.org/node/275> 21.04.2020.

- Hill J, Nelson E, Tilman D, Polasky S, Tiffany D (2006) Environmental, economic, and energetic costs and benefits of biodiesel and ethanol biofuels. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA*, 103(30):11207–11211.
<https://www.pnas.org/content/pnas/103/30/11206.full.pdf>
- Høgh-Jensen H, Schjoerring JK (2000) Below-ground nitrogen transfer between different grassland species: direct quantification by ¹⁵N leaf feeding compared with indirect dilution of soil ¹⁵N. *Plant and Soil* 227:171–183
- Hole DG, Perkins AJ, Wilson JD, Alexander IH, Grice PV, Evans AD (2005) Does organic farming benefit biodiversity? *Biological Conservation* 122(1):113–130
- Holtham DAL, Matthews GP, Scholefield DS (2007) Measurement and simulation of void structure and hydraulic changes caused by root-induced soil structuring under white clover compared to ryegrass. *Geoderma* 142:142–151
- Hooks CRR, Johnson MW (2001) Broccoli growth parameters and level of head infestations in simple and mixed plantings: impact of increased flora diversification. *Annals of Applied Biology* 138(3):269–280
- Hopkins A, Martyn TM, Johnson RH, Sheldrick RD, Lavender RH (1996) Forage production by two *Lotus* species as influenced by companion grass species. *Grass and Forage Science* 51:343–349
- Huggins DR, Randall W, Russelle P (2001) Subsurface drain losses of water and nitrate following conversion of perennials to row crops. *Agronomy Journal* 93:477–486
- Huisman J, Jansman AJM (1991) Dietary effect and some analytical aspects of antinutritional factors in peas (*Pisum sativum*), common beans (*Phaseolus vulgaris*) and soybeans (*Glycine max* L.) in monogastric farm animals: a literature review. *Nutrition Abstracts and Reviews (Series B)* 60:901–921
- Humphries AW, Kobelt ET, Bellotti WD, Auricht GC (2006) Tolerance of Australian lucerne (*Medicago sativa*) germplasm to grazing by sheep. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 46:1263–1270
- Humphreys J, Casey IA, Laidlaw AS (2009) Comparison of milk production from clover based and fertilizer N based grassland on a clay-loam soil under moist temperate climatic conditions. *Irish Journal of Agricultural and Food Research* 48:189–207
- Humphreys J, Mihailescu E, Casey IA (2012) An economic comparison of systems of dairy production based on N fertilised grass and grass–white clover grassland in a moist maritime environment. *Grass and Forage Science* 67:519–525
- Humphreys J, Phelan P, Li D, Burchill W, Eriksen J, Casey I, Enríquez-Hidalgo D, Sørensen K (2017) White Clover Supported Pasture-based Systems in North-west Europe. *Legumes in Cropping systems* 139–156

- Hunt RS, MacAdam WJ, Reeve RJ (2015) Establishment of birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus*) pastures on organic dairy farms in the Mountain West USA. *Org Agr* 5:63–77
- Huxham SK, Sparkes DL, Wilson P (2005) The effect of conversion strategy on the yield of the first organic crop. *Agriculture, Ecosystems and the Environment* 106:345–357
- Huyghe C (2003) Les fourrages et la production de protéines. *Fourrages* 174:145–162
- Cadisch G, Handayanto E, Malama C, Seyni F, Giller KE (1998) N recovery from legume prunings and priming effects are governed by the residue quality. *Plant and Soil* 205:125–134
- Cammell SB, Thomson DJ, Beever DE, Haines MJ, Dhanoa MS, Spooner MC (1986) The efficiency of energy utilisation in growing cattle consuming fresh perennial ryegrass (*Lolium perenne* cv. Melle) or white clover (*Trifolium repens* cv. Blanca). *British Journal of Nutrition* 55:669–680
- Campiglia E, Mancinelli R, Radicetti E, Marinari S (2011) Legume cover crops and mulches: effects on nitrate leaching and nitrogen input in a pepper crop (*Capsicum annuum* L.). *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 39:399–412
- Capstaff N, Miller A (2018) Improving the Yield and Nutritional Quality of Forage Crops. *Frontier in Plant Science* 9:535
- Carbonero CH, Mueller-Harvey I, Brown TA, Smith L (2011) Sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.): a beneficial forage legume. *Plant Gen Res* 9(1):70–85
- Carlsson G, Huss-Danell K (2003) Nitrogen fixation in perennial forage legumes in the field. *Plant and Soil* 253:353–372
- Carr PM, Martin B., Caton S, Poland W (1998) Forage and nitrogen yield of barley–pea and oat–pea intercrops. *Agron J* 90:79–84
- Carter MR, Angers DA, Kunelius HT (1994) Soil structural form and stability, and organic matter under cool-season perennial grasses. *Soil Science Society of America Journal* 58:1194–1199
- Carter EB, Theodorou MK, Morris P (1997) Responses of *Lotus corniculatus* to environmental change. 1. Effects of elevated CO₂, temperature and drought on growth and plant development. *New Phytologist* 136:245–253
- Carter MR (2000) Organic matter and sustainability. In: Rees R, Ball B, Campbell C, Watson C (eds) *Sustainable management of soil organic matter*. CAB International, Willingford, UK, pp 9–22
- Cassida A, Griffin S, Rodriguez J, Patching C, Hesterman B, Rust R (2000) Protein degradability and forage quality in maturing alfalfa, red clover, and birdsfoot trefoil. *Crop Science* 40:209–215

- Castillo A, Rebuffo M, Dalla Rizza M, Folle G, Santiñaque F, Borsani O, Monza J (2012) Generation and characterization of interspecific hybrids of *Lotus uliginosus* x *Lotus corniculatus*. *Crop Sci* 52:1572–82
- Cela S, Santiveri F, Lloveras J (2011) Optimum nitrogen fertilization rates for second-year corn succeeding alfalfa under irrigation. *Field Crops Research* 123:109–116
- Cellier P, Schneider A, Thiébeau P, Vertès F (2015) Impacts environnementaux de l'introduction de légumineuses dans les systèmes de production. In: Schneider A, Huyghe C (eds) 'Les légumineuses pour des systèmes agricoles et alimentaires durables'. Editions Quae: Versailles, France, pp 297–338
- Chambers BJ, Smith KA, Pain BF (2000) Strategies to encourage better use of nitrogen in animal manures. *Soil Use and Management* 16:157–161
- Chamblee DS, Collins M (1988) Relationships with other species in a mixture. In: Hanson A, Barnes K, Hill R (eds) *Alfalfa and Alfalfa Improvement*. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, pp 439–461
- Chan KY, Heenan DP (1996) The influence of crop rotation on soil structure and soil physical properties under conventional tillage. *Soil and Tillage Research* 37:113–125
- Chapagain T, Riseman A (2014) Barley-pea intercropping: effects on land productivity, carbon and nitrogen transformations. *Field Crops Research* 166:18–25
- Chapko LB, Brinkman MA, Albrecht KA (1991) Oat, oat-pea, barley, and barley-pea for forage yield, forage quality, and alfalfa establishment. *Journal of Production Agriculture* 4:486–491
- Chon SU, Jennings JA, Nelson CJ (2006) Alfalfa (*Medicago sativa* L.) autotoxicity: current status. *Allelopathy Journal* 18:57–80
- Christie BR, Martin RA (1999) Selection for persistence in red clover. *Canadian Journal of Plant Science* 79:357–359
- Clay SA, Aguilar I (1998) Weed seedbanks and corn grown following continuous corn or alfalfa. *Agronomy Journal*, 90: 813–818
- Coblentz WK, Grabber H (2013) In situ protein degradation of alfalfa and birdsfoot trefoil hays and silages as influenced by condensed tannin concentration. *J Dairy Sci* 96:3120–3137
- Collins RP, Marshall AH, Ribaimont F, Michaelson-Yeates TPT, Williams TA, Olyott P, Abberton MT (2006) Developing the role of Lotus species in UK grassland. *Grassland Science in Europe* 11:249–251
- Cook JC, Gallagher RS, Kaye JP, Lynch J, Bradley B (2010) Optimizing vetch nitrogen production and corn nitrogen accumulation under no-till management. *Agronomy Journal* 102:1491–1499

- Cook D, Grum DS, Gardner DR, Welch KD, Pfister JA (2013) Influence of endophyte genotype on wainsonine concentrations in *Oxytropis sericea*. *Toxicon*, 61:105–111
- Cornara L, Xiao JB, Burlando B (2015) Therapeutic potential of temperate forage legumes. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 56:149–161
- Corre-Hellou G, Fustec J, Crozat Y (2006) Interspecific competition for soil N and its interaction with N₂ fixation, leaf expansion and crop growth in pea-barley intercrops. *Plant and Soil* 282:195–208
- Coulman B, Goplen B, Majak W, McAllister T, Cheng KJ, Berg B, Hall J, McCartney D, Acharya S (2000) A review of the development of a bloat-reduced alfalfa cultivar. *Can J Plant Sci* 80(3):487–491
- Crews TE, Peoples MB (2004) Legume versus fertilizer sources of nitrogen: ecological tradeoffs and human needs. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 102:279–297
- Curto G, Dallavalle E, Santi R, Casadei N, D'Avino L, Lazzeri L (2015) The potential of *Crotalaria juncea* L. as a summer green manure crop in comparison to Brassicaceae catch crops for management of *Meloidogyne incognita* in the Mediterranean area. *European Journal of Plant Pathology* 142:829–841
- Čuvardić M (2006) Primena đubriva u organskoj poljoprivredi. U: Zbornik radova, Naučni institut za ratarstvo i povrtarstvo, Novi Sad 42:369–376
<https://scindeks-clanci.ceon.rs/data/pdf/0351-4781/2006/0351-47810602369C.pdf> 29.04.2020.
- Waghorn GC (2008) Beneficial and detrimental effects of dietary condensed tannins for sustainable sheep and goat production. *Progress and challenges. Anim Feed Sci Technol* 147:116–139
- Wagner-Riddle C, Thurtell GW (1998) Nitrous oxide emissions from agricultural fields during winter and spring thaw as affected by management practices. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 52:151–163
- Walton PD (1975) Annual forages seeding rates and mixtures for central Alberta. *Can J Plant Sci* 55:987–993
- Wang Y, Waghorn GC, Barry TN, Shelton ID (1994) The effect of condensed tannins in *Lotus corniculatus* on plasma metabolism of methionine, cystine and inorganic sulphate by sheep. *British Journal of Nutrition* 72:923–935
- Wang Y, McAllister TA, Acharya S (2015) Condensed tannins in sainfoin: composition, concentration, and effects on nutritive and feeding value of sainfoin forage. *Crop Sci* 55(1):13–22
- Watson CA, Atkinson D, Gosling P, Jackson LR, Rayns FW (2002) Managing soil fertility in organic farming systems. *Soil Use and Management* 18:239–247
- Watson C, Stoddard F (2017) Introduction - Perspectives on Legume Production and use in European agriculture. In: Murphy-Bokern D, Stoddard F,

- Watson C (eds) Legumes in Cropping Systems. CAB International, Willingford, UK, pp 1-17
- Wen L, Kallenbach RL, Williams JE, Roberts CA, Beuselinck PR, McGraw RL, Benedict HR (2002) Performance of steers grazing rhizomatous and nonrhizomatous birdsfoot trefoil in pure stands and in tall fescue mixtures. *J Anim Sci* 80:1970–1976
- Westhoek H, Rood T, Van de Berg M, Janse J, Nijdam D, Reudink M, Stehfest E (2011) The Protein Puzzle: The Consumption and Production of Meat, Dairy and Fish in the European Union. *European Journal of Food Research and Review* 1(3):123-144
- Weston LA (1996) Utilization of allelopathy for weed management in agroecosystems. *Agronomy Journal* 88:860–866
- White GA, Smith LA, Houdijk JGM, Homer D, Kyriazakis I, Wiseman J (2015) Replacement of soya bean meal with peas and faba beans in growing/finishing pig diets: effect on performance, carcass composition and nutrient excretion. *Animal Feed Science and Technology* 209:202–210
- Wiersma DW, Hoffman PC, Mlynarek MJ (1999) Companion crops for legume establishment: forage yield, quality, and establishment success. *Journal of Production Agriculture* 12:116–122
- Wilkins RJ, Jones R (2000) Alternative home-grown protein sources for ruminants in the United Kingdom. *Animal Feed Science and Technology* 85:23–32
- Wilkins RJ, Bertilsson J, Doyle CJ, Nousiainen J, Paul C, Syriala-Qvist L (2002) Introduction to the LEGSIL project. In: Wilkins R, Paul C (eds) *Legume Silages for Animal Production – LEGSIL*. Landbauforschung Völkrode, FAL Agricultural Research, Sonderheft, 234:1–4
- Willey RW (1979) Intercropping – its importance and research needs. Part I – Competition and yield advantages. *Field Crop Abstracts* 32:1–10
- Williams TA, Abberton MT, Evans DR, Thornley W, Rhodes I (2000) Contribution of white clover varieties in high-productivity systems under grazing and cutting. *Journal of Agronomy and Crop Science* 185:121–128
- Williams TA, Evans DR, Rhodes I, Abberton MT (2003) Long-term performance of white clover varieties grown with perennial ryegrass under rotational grazing by sheep with different nitrogen applications. *Journal of Agricultural Science* 140:151–159
- Winters AL, Minchin FR, Michaelson-Yeates TPT, Lee MRF, Morris P (2008) Latent and active polyphenol oxidase (PPO) in red clover (*Trifolium pratense*) and use of a low PPO mutant to study the role of PPO in proteolysis reduction. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56(8):2817–2824

Forage legumes in agricultural production systems

Vladeta Stevović, Dragan Đurović, Dalibor Tomić

Summary

In order to increase and intensify of livestock production, the solution should be found in high-yielding plant species of good quality, which fit into the system of continuous production of animal feed. Together with efforts to reduce energy consumption, environmental pollution, intensify sustainable agriculture systems and maintain biodiversity, the possibility of increasing areas under forage legumes should be considered. As nitrogen fixers, these plants are minimally fertilized with nitrogen fertilizers whose residues in soil are lost by leaching, causing pollution of groundwater as well as surface watercourses. The diversity of their use, high and stable yield and quality of products, make these plants important in solving problem of deficit of protein-rich animal feed.

From the group of perennial forage legumes, the representatives with the greatest economic and agrotechnical importance are: blue alfalfa, sickle medick, hybrid alfalfa, black medic, red clover, white clover, birdsfoot trefoil, greater bird's-foot-trefoil, narrow-leaved bird's-foot-trefoil, common sainfoin, white sweet clover and yellow sweet clover. In the group of annual forage legumes that are grown or may be of interest in modern forage production systems belong to: vetchs, forage peas, broad bean, lupins, soybeans and cowpea. Besides until recently, far more cultivated species such as lentils, grass pea and bitter vetch, positive results of preliminary experiments with species such as pigeon pea, white lupin, narrowleaf lupin, narbon bean and cowpea, indicate the possibility of their introduction into livestock production systems and / or green manure.

Forage legumes are grown in Republika Srpska on about 50,000 ha as pure crops, often as combined crops with perennial or annual grasses, other legumes or plants from other groups. Growing combined leguminous crops and grasses or cereals can provide many benefits, such as: increased biomass yield and utilization of soil resources, increased yield stability, improved nutrient, water and light utilization, as well as weed, disease and pest control. In the temperate climate zone, this way of cultivation is far more successful when used in forage production compared to grain production.

Today, as in the previous period, there is a need for species and cultivars of forage legumes, which in addition to with high yield potential, will have improved grain /

forage quality, as well as increased resistance to stress, especially stress caused by lack of soil water, high temperatures and increased solar radiation. The economy of production of legumes at the farm level is often misjudged as negative, because they generally do not take into account the positive, economically currently invisible, advantages in growing legumes. Prices of protein feed underlying the intensive production systems in the future will continue to rise, so that in the near future, cultivation of legumes and be cost effective than most other agricultural plants.

The benefits of cultivating legumes and their impact on the advancement of agroecosystems have been for a long time. The introduction of legumes into production systems would limit the increasing degradation of land. In order to develop sustainable agriculture, market policy should recognize the value of products obtained from leguminous plants by certain agrarian policy measures.

Key words: Combined crops, forage yield, grain yield, legumes, plant proteins, sustainable agriculture