

Važnost sitnozrnih mahunarki u ekološkoj poljoprivredi

Jusup, Marin

Master's thesis / Diplomski rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Agriculture / Sveučilište u Zagrebu, Agronomski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:204:262531>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-04-24**



Repository / Repozitorij:

[Repository Faculty of Agriculture University of Zagreb](#)



**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET**

**VAŽNOST SITNOZRNIH MAHUNARKI
U EKOLOŠKOJ POLJOPRIVREDI**

DIPLOMSKI RAD

Marin Jusup

Zagreb, rujan, 2018.

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET**

Diplomski studij:
Ekološka poljoprivreda i agroturizam

**VAŽNOST SITNOZRNIH MAHUNARKI
U EKOLOŠKOJ POLJOPRIVREDI**

DIPLOMSKI RAD

Marin Jusup

Mentor: prof. dr. sc. Josip Leto

Zagreb, rujan, 2018.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU AGRONOMSKI FAKULTET

IZJAVA STUDENTA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI

Ja, **Marin Jusup**, JMBAG 0178093043, rođen 28.09.1993 g. u Sisku, izjavljujem da sam samostalno izradio diplomski rad pod naslovom:

VAŽNOST SITNOZRNIH MAHUNARKI U EKOLOŠKOJ POLJOPRIVREDI

Svojim potpisom jamčim:

- da sam jedini autor ovoga diplomskog rada;
- da su svi korišteni izvori literature, kako objavljeni tako i neobjavljeni, adekvatno citirani ili parafrazirani te popisani u literaturi na kraju rada;
- da ovaj diplomski rad ne sadrži dijelove radova predanih na Agronomskom fakultetu ili drugim ustanovama visokog obrazovanja radi završetka sveučilišnog ili stručnog studija;
- da je elektronička verzija ovoga diplomskog rada identična tiskanoj koju je odobrio mentor;
- da sam upoznat s odredbama Etičkog kodeksa Sveučilišta u Zagrebu (Čl. 19).

U Zagrebu, dana _____

Potpis studenta

**SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
AGRONOMSKI FAKULTET**

**IZVJEŠĆE
O OCJENI I OBRANI DIPLOMSKOG RADA**

Diplomski rad studenta **Marina Jusupa**, JMBAG 0178093043, naslova

VAŽNOST SITNOZRNIH MAHUNARKI U EKOLOŠKOJ POLJOPRIVREDI

obranjen je i ocijenjen ocjenom _____, dana _____.

Povjerenstvo:

potpisi:

- | | | | |
|----|--------------------------------|--------|-------|
| 1. | prof. dr. sc. Josip Leto | mentor | _____ |
| 2. | prof. dr. sc. Krešimir Bošnjak | član | _____ |
| 3. | doc. dr. sc. Aleksandra Perčin | član | _____ |

Sadržaj

1.	Uvod.....	1
2.	Ekološka poljoprivreda	2
2.1.	Svjetska i europska statistika o ekološkoj poljoprivredi	2
2.2.	Ekološka poljoprivreda u Hrvatskoj.....	3
3.	Djetelinsko-travne smjese	5
3.1.	Gnojidba DTS	6
3.2.	Košnja DTS	7
4.	Uloge sitnozrnih mahunarki	7
4.1.	Ekonomska pozadina.....	7
4.2.	Utjecaj djetelinsko-travnih smjesa	8
4.3.	Značajke simbiotske dušične fiksacije mahunarki	11
4.4.	Učinkovitost konverzije krme mahunarki u životinjske proizvode	13
4.4.1.	Hranjiva vrijednost i konzumacija krme mahunarki	13
4.4.2.	Mahunarke i proizvodnost preživača	15
4.4.3.	Probavljivost dušika iz mahunarki u buragu	18
4.5.	Sekundarni metaboliti mahunarki	19
4.5.1.	Tanini	19
4.5.2.	Proteaze i polifenol oksidaze.....	21
4.6.	Utjecaj sekundarnih metabolita na zdravlje životinja	22
4.6.1.	Nadam	22
4.6.2.	Parazitske bolesti.....	22
4.7.	Smanjenje utjecaja na okoliš korištenjem mahunarki	24
4.8.	Smanjenje ispuštanja stakleničkih plinova korištenjem mahunarki.....	26
4.8.1.	Metan.....	26
4.8.2.	Dušikov oksid.....	27
4.8.3.	Ugljični dioksid	28
4.8.4.	Staklenički plinovi na mliječnim farmama	28
4.9.	Uloga mahunarki u prilagodbi na klimatske promjene	29
4.10.	Stabilnost mahunarki u djetelinsko-travnim smjesama.....	30
5.	Zaključak	31
6.	Popis literature.....	32
	Životopis.....	45

Sažetak

Diplomskog rada studenta **Marina Jusupa**, naslova

VAŽNOST SITNOZRNIH MAHUNARKI U EKOLOŠKOJ POLJOPRIVREDI

Ekološki pašni uzgoj stoke suočava se s povećanom potražnjom za mesom i mlijekom, uz što manje korištenje resursa. Mahunarke sudjeluju u sustavu tlo-biljka-životinja-atmosfera, a najproduktivnije su u travnjacima s udjelom 30 - 50%. Pozitivni učinci mahunarki su: smanjena ovisnost o fosilnim gorivima i industrijskim dušičnim gnojivima, smanjene emisije stakleničkih plinova u okoliš, smanjeni troškovi uzgoja, veća proizvodnost te povećana samodostatnost proteinima. Neke vrste mahunarki mogu se koristiti za poboljšanje zdravlja životinja, uz smanjeno korištenje lijekova, zbog sekundarnih metabolita. Iako imaju mnogo pozitivnih djelovanja, također imaju i ograničenja, zbog kojih su potrebna daljnja istraživanja kako bi se mogle bolje iskorištavati. Razvitak pašnih sustava temeljenih na mahunarkama predstavlja jedan od temelja za održiviji i konkurentniji uzgoj preživača te se može očekivati veća važnost mahunarki u budućnosti.

Ključne riječi: sitnozrne mahunarke, ekološka poljoprivreda, dušik, smjese

Summary

Of the master's thesis - student **Marin Jusup**, entitled

IMPORTANCE OF FORAGE LEGUMES IN ORGANIC AGRICULTURE

Organic pasture animal farming is facing increasing demands for meat and milk, along with using less natural resources. Forage legumes affect the soil-plant-animal-atmosphere system, and they are most productive in swards with 30 - 50% rate. Some beneficial effects of forage legumes are: decreased dependency of fossil fuels and industrial nitrogen fertilizers, decreased greenhouse gases emission, reduced farming expenses, better productivity and increased self-sufficiency of proteins. Some legume species improve animal health and reduce usage of medicaments, due to secondary plant metabolites. Although they have many positive traits, they also have some limitations and need further researches for better utilization. Development of pastures based on forage legumes represents a foundation for more sustainable and competitive ruminant farming, so it is expected that forage legumes will become more important in the future.

Keywords: legumes, organic agriculture, nitrogen, mixtures

1. Uvod

Ekološki pašni sustavi uzgoja mijenjali su se kroz posljednja dva desetljeća te će se nastaviti mijenjati i razvijati kao rezultat društvenih i okolišnih zahtjeva. Pašni uzgoj morat će održati korak s povećanom potražnjom mesa i mlijeka preživača te se prilagoditi klimatskim promjenama. U isto vrijeme pašni uzgoj suočava se s konkurentnom, ratarskom proizvodnjom. Kompeticija za obradivu zemlju zbog omjera proizvodnje ljudske i stočne hrane, zahtjeva za biogorivima te potrebom za očuvanjem bioraznolikosti samo su neki od problema (Thornton 2010.).

Uloga sitnozrnih mahunarki u ekološkoj poljoprivredi vrlo je bitna. Uz visokokvalitetnu krmu za napasivanje i košnju, dobivenu u monokulturama i djetelinsko-travnim smjesama, mahunarke poboljšavaju i gnoje tla pomoću simbiotske fiksacije dušika i zaoravanja biljne mase. Budući da je porodica mahunarki iznimno velika, vrste uzgajanih mahunarki mogu značajno varirati te se za specifična područja mogu odabrati prikladne vrste. U raznolikoj klimi Europe uzgajaju se razne vrste i kultivari, prilagođeni mikroklimatskim uvjetima lokacije. Najčešće sitnozrne mahunarke u uzgoju u Europi i svijetu su: lucerna (*Medicago sativa* L.), crvena djetelina (*Trifolium pratense* L.), bijela djetelina (*Trifolium repens* L.), švedska ili hibridna djetelina (*Trifolium hybridum* L.), podzemna djetelina (*Trifolium subterraneum* L.), roškasta smiljkita (*Lotus corniculatus* L.) i esparzeta (*Onobrychis viciifolia* Scop.).

U ovom diplomskom radu biti će prikazane značajke uzgoja najčešćih vrsta sitnozrnih mahunarki u ekološkoj poljoprivredi, uloga mahunarki u svijetu i u ekološkoj poljoprivredi, njihov utjecaj na tlo, proizvodnost i zdravlje preživača te na očuvanje okoliša i atmosfere od stakleničkih plinova.

2. Ekološka poljoprivreda

Prema Ministarstvu poljoprivrede (2017.), ekološka proizvodnja sveobuhvatan je sustav upravljanja poljoprivrednim gospodarstvima i proizvodnjom hrane koji ujedinjuje najbolju praksu u pogledu okoliša i klime, visoku razinu biološke raznolikosti, očuvanje prirodnih resursa, primjenu visokih standarda za dobrobit životinja i proizvodnih standarda koji su u skladu s potražnjom sve većeg broja potrošača za proizvodima proizvedenim uz primjenu prirodnih tvari i procesa. Pridržavanje visokih standarda u području zdravlja, okoliša i dobrobiti životinja pri proizvodnji ekoloških proizvoda svojstveno je visokoj kvaliteti tih proizvoda.

2.1. Svjetska i europska statistika o ekološkoj poljoprivredi

U svijetu je 2016. bilo 57.816.759 ekološki certificiranih hektara. Oceanija prednjači s brojem hektara (27.346.986 ha) te čini 47% svjetskih ekoloških poljoprivrednih površina. U Europi je 13.509.146 ha, što iznosi 23% ukupnih površina u svijetu. Slijede je Južna Amerika (12%), Azija (8%), Sjeverna Amerika (5%) te Afrika (3%). Europa je s 2015. na 2016. povećala broj ekoloških površina za 6,7%, a najveći porast u tom razdoblju bilježi Azija, s 23,5% više površina (FiBL & IFOAM 2018.).

U svijetu se 66% ekoloških površina koristi u obliku trajnih travnjaka, čiji broj posljednjih godina ubrzano raste, a 2016. je iznosio 57.816.759 ha. Na 2,76 mil. ha u svijetu uzgajaju se krmne kulture (FiBL & IFOAM 2018.).

Prema FiBL-u & IFOAM-u (2018.), u Europi najveće površine imaju Španjolska (2.018.802 ha) i Italija (1.796.363 ha). U Europi se 41% ekoloških površina iskorištava za trajne travnjake i proizvodnju krmnog bilja (5.648.692 ha), dok je unutar EU 45% površina (5.453.914 ha) pod trajnim travnjacima. U Europi je došlo do povećanja za 5% s 2015. na 2016., a u EU su se travnjaci povećali za 6%. U razdoblju od 2007. do 2016., na razini Europe došlo je do 69%-tnog povećanja površina pod trajnim travnjacima, a u EU za 70%. Zemlje s najvećim površinama pod trajnim travnjacima u Europi su Španjolska (1,1 mil. ha), Njemačka (0,7 mil. ha), Francuska (0,6 mil. ha) te Italija (0,5 mil. ha).

U Europskoj uniji površine s krmnim kulturama zauzimaju 2,1 mil. ha, a u Europi 2,25 mil. ha. Najčešće uzgajane biljke na tim površinama su djeteline, kukuruz za siliranje te trave. Uz sitnozrne mahunarke, zrnate mahunarke za hranidbu životinja zauzimaju velike površine - 420.000 ha u Europi i 380.000 ha u EU. Zbog sve jačeg uvoza jeftinih zrnatih mahunarki za hranidbu životinja s drugih kontinenata smanjile su se konvencionalne površine pod tim kulturama, ali ekološke površine rastu, s ciljem dostizanja neovisnosti o izvorima bjelancevina u životinjskoj hranidbi (FiBL & IFOAM 2018.).

2.2. Ekološka poljoprivreda u Hrvatskoj

Plodored se u ekološkoj poljoprivredi treba raznoliko i usklađeno sastaviti radi dugoročnog održavanja plodnosti i nezakorovljenosti tla u kojem se izmjenjuju kulture s različitim dubinom zakorjenjivanja te različitim potrebama za pojedinim hranivima i vodom. Plodored treba sadržavati mahunarke ili djetelinsko travne smjese (najmanje 20% obradivih površina), odnosno kulture za zelenu gnojidbu, a strnine ili okopavine same ne smiju obuhvatiti više od 50% obradivih površina (NN 1/2013).

Prema NN 1/2013, biljke i biljni proizvodi moraju proći prijelazno razdoblje prije korištenja ekološkog znaka, koje kod travnjaka ili krmnog bilja iznose najmanje dvije godine prije njihovog korištenja kao hrane za životinje iz ekološkog uzgoja.

Prema NN 1/2013, biljojedi moraju imati pristup pašnjacima kada to uvjeti dopuštaju. U slučajevima kada biljojedi imaju pristup pašnjacima tijekom razdoblja ispaše i kada sustav zimskog smještaja životinjama pruža slobodu kretanja, nije obvezno osigurati površine na otvorenom tijekom zimskih mjeseci. Bikovi stariji od godinu dana moraju imati pristup ispaši ili površini na otvorenom. Perad mora imati pristup površini na otvorenom u trajanju od najmanje jedne trećine života.

Za biljojede, osim tijekom razdoblja sezonske selidbe, najmanje 60% hrane mora potjecati s iste poljoprivredne jedinice, ili kada to nije moguće, mora biti proizvedeno u suradnji s drugim ekološkim poljoprivrednim gospodarstvima prvenstveno u istoj regiji. Za svinje i perad, najmanje 20% hrane mora potjecati s iste poljoprivredne jedinice, ili kada to nije moguće, mora biti proizvedeno u suradnji s drugim ekološkim poljoprivrednim gospodarstvima (NN 1/2013).

Sustavi držanja biljojeda trebaju se temeljiti na maksimalnom korištenju ispaše prema raspoloživosti pašnjaka u različitim razdobljima godine. Najmanje 60% suhe tvari u dnevnim obrocima biljojeda mora činiti vlaknasta svježa ili suha krma, ili silaža. Za životinje koje se koriste za proizvodnju mlijeka dozvoljava se smanjenje do 50% suhe tvari maksimalno tijekom prva tri mjeseca laktacije. Vlaknasta, svježa ili sušena krma, ili silaža dodaju se dnevnom obroku za svinje i perad (NN 1/2013).

Tablica 2.2.1. Površine livada i pašnjaka te broj gospodarstava u ekološkom uzgoju

ha	2007.	2008.	2009.	2010.	2011.	2012.	2013.	2014	2015.	2016.
Livade i pašnjaci	3.496	5.603	1.998	2.452	4.943	7.635	14.279	16.403	33.612	39.089
Broj gospodarstava	477	632	817	1.125	1.494	1.528	1.609	2.194	3.061	3.546

Izvor: <http://www.mps.hr/hr/poljoprivreda-i-ruralni-razvoj/poljoprivreda/ekoloska/statistika-2016>

Iz Tablice 2.2.1. vidljiv je porast broja hektara ekološki certificiranih livada i pašnjaka u Republici Hrvatskoj. Mnogi poljoprivredni proizvođači, čiji broj također raste, certificiraju svoje površine kako bi mogli hraniti svoje životinje ekološkim krmivima. U Republici Hrvatskoj je tijekom 2016. godine evidentirano 3.546 proizvođača s površinom od 93.814 ha, što čini 6,07% u odnosu na ukupne poljoprivredne površine (Ministarstvo poljoprivrede 2017.). Sukladno postojećem porastu površina i proizvođača, može se očekivati daljnji porast te korištenje sitnozrnih mahunarki u djetelinsko-travnim smjesama u hranidbi životinja. Hrvatska ima veliki broj zaraslih poljoprivrednih zemljišta, koja su nezagađena i predstavljaju dobro tlo za pašnjake i livade kao prirodniji i jeftiniji način tova ekološke stoke.

Zajedničkom poljoprivrednom politikom (ZPP) utvrđen je opći okvir za razvoj poljoprivrede u EU za razdoblje 2014. - 2020. Cilj novih odredbi je uspostaviti održivu konkurentnost, kako bi se postigao gospodarski održiv sektor proizvodnje hrane te održivo gospodarenje prirodnim resursima EU u kojemu je ekološka proizvodnja prepoznata kao ključan element. U ovom se programskom razdoblju pridaje još veći značaj okolišu i utjecaju poljoprivrede na okoliš (Ministarstvo poljoprivrede 2017.).

3. Djetelinsko-travne smjese

Prema Agrokлубu (2016.), djetelinsko-travne smjese (DTS) imaju vrlo važnu ulogu u ekološkoj poljoprivredi, a prvenstveno u hranidbi stoke (Slika 3.1.). Zauzimaju značajno mjesto u plodoredu - drže tlo čistim od korova, smanjuju napad štetnika i bolesti na usjevima koji će doći iza njih, sprječavaju eroziju tla jer ga drže pokrivenim cijele godine; obogaćuju tlo hranjivima, a prvenstveno dušikom. Za hranidbu stoke koriste se u zelenom stanju, za ispašu, kao sijeno te za pripremu sjenaže i silaže. Kombinacije mogu biti različite, što ovisi o namjeni DTS-a. Na jednoj parceli DTS bi trebale biti tri godine. Nakon njih tla ostaju čista od korova. Dobre su pretkulture za većinu usjeva, kao što su okopavine (kukuruz, suncokret, stočna repa, krumpir), strne žitarice, krmne kulture osim mahunarki, povrće i dr. Najbolje pretkulture za DTS su okopavine, zatim strne žitarice i druge kulture. DTS na istu parcelu ne bi smjela doći najmanje četiri godine.



Slika 3.1. Burske koze na pašnjaku zasijanom djetelinsko-travnim smjesom.

Izvor: <https://www.meadowmania.co.uk/grass-seed-mix-for-goat-grazing-sp5-1-acre.htm>

3.1. Gnojidba DTS

Gnojidba se u ekološkom uzgoju djetelinsko-travnih smjesa obavlja zrelim stajnjakom, kompostom ili gnojnicom. Ta gnojiva dobivena su prirodnim putem te moraju potjecati od ekološki uzgajanih životinja. Za kompost se koriste organski ostaci nastali od ekološki uzgajanog bilja. Stajnjak i gnojnica sadrže visoke količine dušika te služe kao prihvatljiva i održivija zamjena za industrijski dobivena mineralna gnojiva. Kompost sadrži manje količine dušika, ali je bogat ostalim hranjivima (Agroklub 2016.).

Prema NN 1/2013, ukupna količina stajskog gnoja koji se koristi na poljoprivrednom gospodarstvu ne može prelaziti 170 kg dušika godišnje po hektaru korištene poljoprivredne površine. Može se koristiti gnoj proizveden isključivo uzgojem ekološki certificiranih životinja - preživača, kopitara, peradi, svinja i kunića.

Za gnojidbu se upotrebljava 25.000 do 30.000 kg zrelog stajnjaka ili komposta, koji se zaore pri osnovnoj obradi tla. Prihrana se obavlja jedanput godišnje gnojnicom u količini 15.000 do 25.000 litara. Zabranjena je gnojidba gnojnicom i gnojovkom od 15. studenoga do 15. veljače te od 1. svibnja do 1. rujna (raspodjelom po površini bez unošenja u tlo), radi smanjenja gubitka dušika ispiranjem i isparavanjem (Hrvatska poljoprivredno-šumarska savjetodavna služba 2018.). Gnojnica mora obavezno biti razrijeđena vodom u omjeru od 1:2 do 1:3. Prihrana se može obaviti i kompostom ili kompostiranim stajskim gnojivom, tako da se samoistovarnim prikolicama razbaca po površini. Prihranu krutim gnojivom najbolje je obaviti nakon zadnjeg otkosa, kako bi se hranjiva preko zime postupno ugradila u tlo i bila na raspolaganju biljkama u slijedećoj godini. Potrebno je oko 30.000 kg/ha krutog gnojiva (Agroklub 2016.). Navedene količine gnojiva primjenjuju se na površinama namijenjenima za košnju, dok se na pašnjacima gnoj i gnojnica izravno unose u tlo prolaskom životinja te su stoga potrebne količine hranjiva na takvim površinama znatno manje.

3.2. Košnja DTS

U smjesama trava i djetelina (DTS ili TDS) teško je postići da sve vrste istovremeno dođu u optimalni rok za košnju pa se prati optimalni stadij razvoja dominantne (najzastupljenije) vrste u smjesi (Leto 2016.).

Košnju treba obavljati redovito, pa se tako u prvoj proizvodnoj godini može očekivati dva otkosa, dok u drugoj i trećoj godini može biti četiri do šest otkosa, što ovisi o vremenskim prilikama i kakvoći tla (Agroklub 2016.). Leto (2016.) navodi da je za lucernu najbolji prvi otkos u punom pupanju, a ostali otkosi početkom cvatnje, dok se druge sitnozrne mahunarke, poput crvene djeteline, smiljkite, švedske djeteline ili eparzete najbolje kositi u početku cvatnje, kad je 10 - 20% biljaka u cvatu. Takvom košnjom dobije se kvalitetnije sijeno, jer se na taj način ubrza sušenje i očuva list u kojem se i nalaze hranjivi sastojci. Košnja se obavlja 5 cm od tla, a zadnji otkos kosi se na visini 8 cm od tla. Zadnji otkos trebalo bi skinuti 20 dana prije mraza. Ukoliko usjev preraste, može se usitniti i od njega spremati sjenažu (Agroklub 2016.).

4. Uloge sitnozrnih mahunarki

4.1. Ekonomska pozadina

Tijekom mnogo godina, europska zajednička poljoprivredna politika poticala je povećavanje poljoprivredne proizvodnje. Usporedno s tim, niske cijene energenata tijekom druge polovice 20. stoljeća dovele su do znatnih količina jeftinih sintetskih dušičnih gnojiva koja su dodatno smanjila potražnju za travnjacima s mahunarkama (Rochon i sur. 2004.). Ove promjene rezultirale su povećanjem emisija stakleničkih plinova te smanjenjem bioraznolikosti, koje se usko vežu uz primjenu dušičnih gnojiva (Schulze i sur. 2009.).

Svjetski trgovinski sporazumi potiču uvoz zrna mahunarki u Europu te time dovode do smanjene proizvodnje unutar Europe, unatoč povećanoj potrošnji. Zbog ovisnosti europske stoke o uvoznim mahunarkama postavljaju se pitanja o održivosti i sigurnosti takvog proizvodnog modela, osobito u vremenima povećanje potražnje za hranom i zabrinutosti javnosti oko poljoprivrednog utjecaja na okoliš (Godfray i sur. 2010.). Procjenjuje se da je

Južna Amerika u 2004. godini izvezla 2,3 megatone dušika u zrnju mahunarki u Europu (Galloway i sur. 2008.). Takva trgovina dovela je do neravnoteže u ciklusu dušika te velikih promjena u gospodarenju tlom u Južnoj Americi, jer se prašume krče radi proizvodnje soje (Weightman i sur. 2011.). Europski parlament i neke članice prepoznale su ovaj problem te su započeli rasprave o stvaranju novih planova za održivost i sigurnost zaliha proteina u Europi. Povećanjem svijesti o važnosti pašnog uzgoja na kvalitetu hrane i dobrobit životinja, povećava se i broj ljudi koji je spreman kupiti životinjske proizvode iz pašnog uzgoja (Black 2015.).

Prema Heinsu (2016.), koji je proveo usporedbu između ekoloških i konvencionalnih farmi u Minnesoti u SAD-u, ekološka stada imala su slabiju proizvodnost od konvencionalnih, ali su također imala i znatno manje troškove krmiva. Budući da se ekološka goveda hrane uglavnom pašom i drugom voluminoznom hranom, a manje skupim koncentratima, potrebna su manja ulaganja po životinji. Također su veterinarski troškovi bili manji kod ekoloških krava, ali su imale veće količine crijevnih parazita u odnosu na konvencionalne. Zbog trenutne slabe ponude dozvoljenih lijekova u ekološkom uzgoju, mahunarke u hranidbi goveda imaju aktivnu ulogu u zaštiti od parazita te snižavanju potencijalnih troškova liječenja životinja. Također, mahunarke u smjesama povećavaju prinose zelene mase te time snižavaju cijenu koštanja ekološke krme. Na navedenom istraživanju (Heins 2016.) u Minnesoti kroz pet godina dobiveno je 13,65 dolara prihoda više po ekološki uzgajanoj kravi, u odnosu na konvencionalne.

4.2. Utjecaj djetelinsko-travnih smjesa

Prema Heckmanu (2015.), u suvremenom konvencionalnom uzgoju razdvajanjem biljne od stočarske proizvodnje došlo je do primjene sintetički proizvedenih dušičnih gnojiva, koja su zamijenila dušik iz prirodnih izvora u tlu. Dobro isplanirani ekološki proizvodni sustavi mogu proizvesti dovoljnu količinu dušika za biljnu proizvodnju pažljivim održavanjem kruženja dušika na poljoprivrednim površinama (Heckman i sur. 2009.).

Najčešće limitirajuće hranivo u proizvodnji krme je dušik, koji povećava sadržaj sirovih bjelančevina, udio lista, brzinu probave stanične stijenke, konzumaciju ST, opskrbljenost životinje aminokiselinama i probavljivost (Greenhalgh 1981.; Nelson i Moser 1994.).

Uz plodno tlo i visoke unose dušičnih gnojiva, monokulture travnjaka daju visoke prinose (Frame 1991.). Potreba za povećanjem prinosa, ali i učinkovitost korištenja resursa predstavljaju novi izazov za poljoprivredu. Travnjačke smjese s većim brojem vrsta trebaju bolje iskoristiti resurse, imati pozitivno djelovanje među vrstama te imati visokoproduktivne vrste koje se ističu u prinosu (Loreau i sur. 2001.). Sukladno tome, travne smjese mogle bi biti obećavajuće u održivom intenzivnom uzgoju.

U mnogim pokusima na travnjacima siromašnima hranjivima pokazao se veći prinos kod travnih smjesa u odnosu na monokulturne travnjake. U skupnoj analizi 44 pokusa kojima se određivala plodnost uzrokovana bioraznolikošću vrsta u uzgoju, Cardinale i sur. (2007.) utvrdili su da najraznovrsnije travnjačke smjese imaju prosječno 77% veći prinos u odnosu na prosječnu travnjačku monokulturu. S druge strane, u usporedbi s najproduktivnijim monokulturama, ove smjese su imale 12% manji prinos. Slučajevi u kojima su smjese imale veći prinos od najproduktivnije monokulture travnjaka (Trenbath 1974.; Schmid i sur. 2008.) iznosili su samo 12% od ukupno provedenih pokusa, a bilo je potrebno 5 godina kako bi postali vidljivi. U proizvodnom kontekstu, smjese s većim prinosima su najpoželjnije jer proizvođači iz njih mogu odabrati najkvalitetnije vrste za monokulture.

Veliko međunarodno istraživanje u kojem je sudjelovalo 17 zemalja EU (COST 2011.), na 31 pokusnom travnjaku istraživalo je mogućnost visokih prinosa djetelinsko-travne smjese 4 vrste u odnosu na monokulture (Kirwan i sur. 2007.; Lüscher i sur. 2008.; Nyfeler i sur. 2009.; Finn i sur. 2013.). Ove četiri vrste predstavljale su četiri funkcionalne skupine biljaka: brzorastuće trave i mahunarke te spororastuće trave i mahunarke. Ove skupine odabrane su kako bi se optimiziralo međudjelovanje vrsta - mahunarke vrše simbiotsku fiksaciju dušika, a kombinacija sporo- i brzorastućih vrsta rezultira optimalnom pokrivenošću travnjaka. Testirane vrste mahunarki su bile: crvena djetelina (*Trifolium pratense* L.) na 29 travnjaka, bijela djetelina (*Trifolium repens* L.) na 26 travnjaka, lucerna (*Medicago sativa* L.) na 3 travnjaka, oštrolaka vija (*Medicago polymorpha* L.) na 2 travnjaka te kavkaska djetelina (*Trifolium ambiguum* Bieb.) na 2 travnjaka (Finn i sur. 2013.). Tijekom tri godine prinosi djetelinsko-travnih smjesa bili su veći od prosječnih prinosa monokultura na 99,7% pokusnih travnjaka sa smjesama, s prinosima za 77% većima kod prosječne smjese nego kod prosječne monokulture. Finn i sur. (2013.) navode da je 79% pokusnih travnjaka imalo veći prinos od najproduktivnijih monokultura te da je prinos prosječne smjese bio 18% veći od najproduktivnijih monokultura.

Na pokusnim travnjacima u Švicarskoj uzgajane su crvena i bijela djetelina te se ispitivala mogućnost zamjene mineralnih dušičnih gnojiva vezanjem atmosferskog dušika. Djetelinsko-travne smjese s 40 - 60% djeteline gnojene s 50 - 150 kg N/ha godišnje postigle su jednaki prinos kao i travne monokulture gnojene s 450 kg N/ha godišnje (Nyfeler i sur. 2009.).

Tijekom cijelog međunarodnog istraživanja djetelinsko-travne smjese pokazale su se izrazito izdržljivima kroz tri godine te na različitim zemljopisnim lokacijama, koje su se prostirale od Sardinije do Norveške (Finn i sur. 2013.; Sturuldóttir i sur. 2013.). Ovi rezultati pokazuju veliki potencijal za povećanjem prinosa korištenjem djetelinsko-travnih smjesa. Finn i sur. (2013.) u svojem istraživanju djetelinsko-travnih smjesa došli su do većih prinosa nego kod monokultura trava ili monokultura djetelina. Budući da se veći prinosi djetelinsko-travnih smjesa nego kod djetelina ne mogu objasniti simbiotskom fiksacijom atmosferskog dušika, to nije mogao biti jedini čimbenik u prinosima. U istraživanjima raznolikosti vrsta, kombiniranje mahunarki i nefiksirajućih vrsta očituje se u povećanim prinosima biomase uglavnom zbog učinka miješanja vrsta, a manje zbog međudjelovanja funkcionalnih skupina biljaka (Spehn i sur. 2002.; Temperton i sur. 2007.; Kirwan i sur. 2009.; Nyfeler i sur. 2009.). S druge strane, u međunarodnom istraživanju pokazao se izrazit pozitivan učinak kombiniranja brzorastućih vrsta sa spororastućima, ali dugotrajnijim vrstama (Kirwan i sur. 2007.; Finn i sur. 2013.).

Svakako su potrebna daljnja istraživanja kojima bi se utvrdile optimalne kombinacije vrsta s različitim karakteristikama, kako bi se optimiziralo iskorištavanje resursa te prinosi djetelinsko-travnih smjesa (Hill 1990.; Lüscher i Jacquard 1991.). Takva istraživanja trebala bi se temeljiti na nekim drugim vrstama sitnozrnih mahunarki, osim bijele i crvene djeteline, koje su se do sad najčešće upotrebljavale u istraživanjima. Sukladno sve češćim i nepredvidivim temperaturnim varijacijama te vremenskim nepogodama, istraživanja bi se trebala usredotočiti na sitnozrne mahunarke koje dobro podnose sušno, vlažno ili hladno vrijeme. Raznovrsne kombinacije vrsta u djetelinsko-travnim smjesama trebaju se istražiti da bi se utvrdila mogućnost povećanja prinosa na travnjacima (Suter i sur. 2010.).

4.3. Značajke simbiotske dušične fiksacije mahunarki

Sve ubrzanije kruženje dušika u prirodi zbog mineralnih dušičnih gnojiva dobivenih Haber-Boschovim postupkom (industrijska fiksacija atmosferskog dušika kojom se dobiva amonijak) te ispuštanjem u atmosferu dušika nastalog sagorijevanjem fosilnih goriva omogućilo je naglo povećanje proizvodnje hrane. S druge strane, ti postupci doveli su do ekoloških problema, poput eutrofikacije, zakiseljavanja tla te promjene klime (Gruber i Galloway 2008.; Vörösmarty i sur. 2010.; Hooper i sur. 2012.). Ciklus dušika u ekološkoj poljoprivredi pokreće se na „solarni“ pogon (Heckman i sur. 2009.), dok se Haber-Boschov proces proizvodnje industrijskog dušika pokreće na fosilna goriva, tj. zemni plin.

Prema Gruberu i Gallowayu (2008.) te Herridgeu i sur. (2008.), antropogeni dušik koji se ispušta u okoliš iznosi više od 160 milijuna tona godišnje, čime se znatno premašuje globalna biološka fiksacija atmosferskog dušika, koja iznosi 110 milijuna tona godišnje. Sukladno tome, zamjena mineralnih dušičnih gnojiva intenzivnijom biološkom fiksacijom pomoću simbioze mahunarki i bakterija roda *Rhizobium* ublažila bi ovu razliku na globalnoj razini te dovela do održivijih poljoprivrednih sustava.

Različiti autori (Boller i Nösberger 1987.; Zanetti i sur. 1997.; Carlsson i Huss-Danell 2003.). navode varirajuće količine fiksiranog dušika u travnjacima s mahunarkama. Podaci variraju od 100 do 380 kg N/ha godišnje, a neki rezultati pokazuju iznimno visoke količine, čak i preko 500 kg N/ha godišnje.

U djetelinsko-travnim smjesama mahunarke prenose 10 - 75 kg N/ha godišnje travama, a količina ovisi o vrstama (Pirhofer-Walzl i sur., 2012.). Količina fiksiranog dušika i kontrola fiksacije ovise o raznim ekofiziološkim mehanizmima - potrebi vrsta za dušikom i dostupnosti dušika iz mineralnih izvora, na razini biljke i na razini ekosustava u kojem se nalazi (Soussana i Hartwig, 1996.; Hartwig, 1998.).

Nyfeler i sur. (2011.) u svom su istraživanju primijetili stimulacijski učinak trava na crvenu i bijelu djetelinu u DTS-u. Učinak je bio toliko jak da je količina fiksiranog dušika bila maksimalna kod smjesa s 40 - 60% djetelina, a ne kod čistih djetelinskih usjeva, te su smjese s 40 - 60% djetelina bile dovoljne za fiksaciju jednake količine dušika kao i čisti usjevi. Aktivnost simbiotske fiksacije bila je iznimno velika u smjesama s dominantnom količinom trava, gdje je dostupnost mineralnog dušika za djeteline bila iznimno mala. Dominantne

travne vrste apsorbirale su gotovo sav mineralni dušik iz tla, dok su djeteline apsorbirale vrlo malu količinu pa se simbiotska fiksacija dušika povećavala. S druge strane, u smjesama s više od 60% djetelina došlo je do opadanja simbiotske fiksacije zbog manjeg udjela trava, koji je uzrokovao veću dostupnost mineralnog dušika iz tla za djeteline, kao i zbog manje potražnje za dušikom u cijelom travnjaku.

Prema Rasmussenu i sur. (2012.), osjetljivost mahunarki na samoregulaciju simbiotske fiksacije dušika razlikuje se kod različitih vrsta. Različiti autori (Boller i Nösberger 1987.; Heichel i Henjum 1991.; Carlsson i sur. 2009.; Oberson i sur. 2013.) navode da sitnozrne mahunarke uzgajane u djetelinsko-travnim smjesama dobivaju preko 80% dušika putem simbiotske fiksacije, zbog čega su Lüscher i sur. (2011.) došli do zaključka da količina fiksiranog dušika ovisi o količini suhe tvari mahunarki.

Mahunarke su često proučavane u intenzivnim travnjacima uzgajanima na plodnom tlu te u umjerenoj klimi. U ekstenzivnim i slabo plodnim pokusnim poljima dobivene su veće količine fiksiranog dušika za veći broj vrsta mahunarki (Carlsson i sur. 2009.; Roscher i sur. 2011.). S druge strane, Kessler i sur. (1990.) te Nesheim i Boller (1991.) uzgojem bijele djeteline na nižim temperaturama dobili su znatno manje količine fiksiranog dušika. Manje količine dušika nisu bile uzrokovane samo slabijim rastom i ukupnom akumulacijom dušika u biljci, nego i smanjenim udjelom simbiotske fiksacije. Sukladno tome, autori su zaključili da niska temperatura ima negativan učinak na simbiotsku fiksaciju dušika i nodulaciju korijenja te je ona glavni uzročnik manjeg udjela simbiotske fiksacije u ukupnoj akumulaciji dušika u biljci.

Do sad je objavljeno samo nekoliko istraživanja o simbiotskoj fiksaciji dušika u ekstremnim uvjetima, poput velike nadmorske visine ili zemljopisne širine. Jacot i sur. (2000.a,b) proveli su istraživanje simbiotske fiksacije dušika u travnjačkim poluprirodnim ekosustavima bogatim vrstama, koji se koriste kao pašnjaci u Alpama. Istraživalo se 9 vrsta mahunarki, od kojih je 6 djetelina. Nadmorska visina na ispitivanim travnjacima varirala je od 900 do 2600 metara, a sve vrste mahunarki zadovoljile su 59 do 90% svojih potreba putem simbiotske fiksacije. Time je dokazano da se fiksacija može prilagoditi i klimatskim uvjetima te pH tla (5,6 - 4,1). S druge strane, količina fiksiranog dušika znatno je opadala s porastom nadmorske visine, s 18 kg N/ha na 1 kg N/ha godišnje, zbog smanjenja porasta cijelog travnjaka te zbog smanjenja udjela mahunarki s 15% na 4%.

Rezultati navedenih istraživanja imaju nekoliko značajnih primjena u iskorištavanju atmosferskog dušika pomoću travnjaka. U usporedbi s monokulturama djetelina, djetelinsko-travne smjese imaju sposobnost jače fiksacije atmosferskog dušika, a zbog pozitivne korelacije simbiotske fiksacije i porasta biljne mase, prinosi su veći kod smjesa. Prema Hartwigu (1998.), Brownu i sur. (2000.) te Tallecu i sur. (2009.), za veće zahtjeve usjeva za simbiotskim dušikom potrebno je imati dovoljne količine dostupnog fosfora, kalija i sumpora u tlu. Jedini potencijalni problem simbiotske fiksacije je ispuštanje dušika u okoliš uslijed velike količine simbiotski fiksiranog dušika, ali to se može spriječiti ili ublažiti pravilnim omjerom mahunarki i trava u djetelinsko-travnim smjesama.

4.4. Učinkovitost konverzije krme mahunarki u životinjske proizvode

4.4.1. Hranjiva vrijednost i konzumacija krme mahunarki

Konzumacija krmiva te hranjiva vrijednost utječu na stočnu proizvodnju. Kemijski sastav i hranjiva vrijednost velikog broja krmiva već su određeni (INRA 2007.). Bijela i crvena djetelina te lucerna imaju veliki udio sirovih bjelančevina i minerala poput kalcija, ali sadrže relativno malu količinu ugljikohidrata topivih u vodi, za razliku od engleskog ljulja (*Lolium perenne* L.). Mahunarke imaju višestruko dokazanu veću hranjivu vrijednost od trava (Beever i sur. 1986.; Peyraud 1993.). Probavljivost organske tvari, koncentracija nedušičnih ekstraktivnih tvari (NET) te sirove bjelančevine u cjelini su veće kod bijele djeteline u odnosu na travne vrste (INRA 2007.). Ovi podaci odgovaraju manjem udjelu staničnih stijenki kod mahunarki, jer su one manje probavljive od sadržaja stanice. Crvena djetelina (6,10 MJ/kg ST) i lucerna (5,54 MJ/kg ST) slabije su probavljive te imaju manju koncentraciju NET-a u istom stadiju rasta kao i bijela djetelina (7,17 MJ/kg ST) (INRA, 2007.). Ove vrijednosti dodatno se smanjuju u sijenu i silaži pa bi se lucerna i crvena djetelina trebale kositi u ranijem stadiju rasta kako bi se optimizirao NET, tj. škrob i šećeri u biljci. Suprotno tome, u svježem stanju imaju odličan NET i bjelančevine te kao takve predstavljaju gotovo idealno krmivo za mliječne krave (INRA, 2007.). Sadržaj sirovih bjelančevina ostaje dobar i u sijenu, ali se nešto gubi siliranjem.

Konzumacija krme u ovaca mjeri se hranidbom po volji (*ad libitum*) a izražava u gramima suhe tvari po kilogramu metaboličke mase (INRA 2007.). Konzumacija mahunarki

je za 10 do 15% veća nego konzumacija trava slične probavljivosti, a to vrijedi za sve oblike krme (svježa krma, silaža ili sijeno) (INRA 2007.). Razlog tome je lakše žvakanje mahunarki, brže probavljanje te brža razgradnja u buragu (Waghorn i sur. 1989.; Steg i sur. 1994.), zbog čega se smanjuje napunjenost buraga. Dewhurst i sur. (2003.) navode da se konzumacija ST silaže poveća za 2 - 3 kg kad se krave hrane silažom od crvene ili bijele djeteline, u odnosu na silažu engleskog ljulja. Budući da se bijela djetelina često koristi u smjesi s ljuljem, postavlja se pitanje optimalnog omjera u smjesi. Prema Harrisu i sur. (1998.), konzumacija ST kod mliječnih krava bila je najveća pri 60% bijele djeteline u smjesi.

Konzumacija krme na pašnjacima ograničena je biljnim sastavom. U svojem istraživanju, Alder i Minson (1963.) zaključili su da je konzumacija krme kod junica Hereforda bila za 15 do 20% veća kod čiste lucerne nego kod čiste klupčaste oštrice (*Dactylis glomerata* L.). Mnogobrojna istraživanja pokazala su pozitivan učinak bijele djeteline na konzumaciju paše djetelinsko-travne smjese (Wilkins i sur. 1994.; Ribeiro-Filho i sur. 2003., 2005.). Intenzitet konzumacije je rastao usporedno s porastom udjela bijele djeteline u smjesi te je u prosjeku postizao 1,5 kg/d. Vrlo je vjerojatno da trave svojom građom - stabljikama i tvrdim listovima, koje nisu toliko poželjne kod preživača, utječu na veću konzumaciju djetelina. Sukladno tome, Ribeiro-Filho i sur. (2003.) zaključili su da je unos djetelinsko-travne smjese sastavljene od bijele djeteline i engleskog ljulja veći od unosa monokulture engleskog ljulja na pašnjacima.

Odavno poznata i korisna činjenica za bijelu djetelinu (Ulyatt 1970.) je njezina sposobnost manjeg opadanja hranjive vrijednosti kroz proces starenja biljke, dok trave gube dosta hranjivih tvari odmicanjem zrelosti. Prema INRA-i (2007.) i Peyraudu i sur. (2009.), probavljivost trava smanjuje se za 20 g/kg tjedno, a konzumacija trava za 0,2 kg dnevno tijekom prvog porasta trave u proljeće, dok su ovi brojevi opali za samo polovicu kod bijele djeteline. Peyraud (1993.) te Delaby i Peccate (2003.) navode da se probavljivost ST smanjila za više od 75% nakon 7 tjedana ponovnog porasta trava te tijekom faze cvjetanja u prvom porastu u proljeće. Prema Ribeiro-Filhu i sur. (2003.), unos ST opadao je za 2 kg dnevno na pašnjacima s dominantnim travama, u usporedbi s DTS pašnjacima, na kojima je pad bio samo 0,8 kg dnevno. Zbog ovoga su pašnjaci s djetelinsko-travnim smjesama puno jednostavniji za korištenje u smislu održive hranjive vrijednosti te su zato privlačni poljoprivrednicima.

Sturuldóttir i sur. (2013.) primijetili su da se povećanje prinosa djetelinsko-travnih smjesa u usporedbi s prinosima monokultura trava ne poklapa sa smanjenjem probavljivosti i udjelom sirovih bjelančevina, što je uobičajeno kod porasta ST biljne mase. Undersander i sur. (2009.) navode da bi sorte lucerne s niskim udjelom lignina mogle biti korisne za daljnje smanjivanje opadanja hranjivosti krme zbog starenja biljke.

4.4.2. Mahunarke i proizvodnost preživača

Uvođenje krmnih mahunarki u proizvodnju krme pozitivno djeluje na produktivnost i kvalitetu travnjaka, jednako kao i na očuvanje okoline od pretjerane upotrebe dušičnih gnojiva (Pečurlija i sur. 2005.). Preživači hranjeni mahunarkama pokazuju općenito brži porast i bolju produktivnost po jedinici površine (Mouriño i sur. 2003.), od životinja hranjenih travama. Burns i Standaert (1985.) tvrde da je prosječan dnevni prirast i prirast po hektaru obično veći na smjesama djetelina i trava (Slika 4.4.2.1.) nego na travama gnojenim do 200 kg N/ha. U usporedbi s travama, mahunarke sadrže više proteina, imaju veću koncentraciju organskih kiselina i više minerala, ali nižu koncentraciju suhe tvari (ST) i ugljikohidrata topivih u vodi (Castle i sur. 1983.).

Razni pokusi (Castle i sur. 1983.; Dewhurst i sur. 2003.) pokazali su da DTS silaže i silaže čistih mahunarki povećavaju proizvodnju mlijeka, u odnosu na čiste travne silaže. Chenais i sur. (1993.) usporedili su rezultate deset francuskih istraživanja, koja su proučavala djelovanje hranidbe krmnim smjesama sastavljenim od siliranog kukuruza i crvene djeteline te usporedbu silaže lucerne s čistom kukuruznom silažom. Hranidba krmnim smjesama rezultirala je sličnom mliječnosti kod mliječnih krava, ako su silaže mahunarki imale visoku hranjivu vrijednost te ako je udio ST bio veći od 300 g/kg. Hranidba mesnih goveda imala je slične rezultate u prirastu, gdje je hranidba crvenom djetelinom rezultirala jednakim prirastom kao i hranidba kukuruznom silažom, ako je djetelina bila dobro silirana (Weiss i Raymond 1993.).

Treba istaknuti da se mahunarke teško siliraju zbog svoje građe (listovi kod provenuća na travnjaku brzo otpadaju sa stabljike pa dolazi do velikih gubitaka mase i kvalitete, jer su listovi najkvalitetniji dio biljke), stoga je potrebna velika pozornost kako bi se sačuvala kvaliteta biljne mase i spriječio gubitak listova (Arnaud i sur. 1993.). Košnjom travnjaka u

poslijepodnevnim satima može se postići veći udio nestrukturnih ugljikohidrata (škroba, šećera) u silaži, jer je tada najveći sadržaj u biljci (Pelletier i sur. 2010.; Morin i sur. 2011.). Povećanjem udjela pomoću selekcije zasigurno će se povećati proizvodnja visokokvalitetnih silaža i povećati proizvodnost životinja.

Veći udio bijele djeteline u pašnjacima doveo je do povećanja proizvodnje mlijeka kod krava za 1 - 3 kg u nekoliko kratkotrajnih pokusa u kojima je kravama ponuđena paša s istom količinom ST - čisti engleski ljulj ili djetelinsko-travna smjesa (Phillips i James 1998.; Ribeiro-Filho i sur. 2003.). Kako navode Harris i sur. (1998.), kod uzgoja mliječnih krava u objektima mliječnost se povećavala usporedno s povećanjem udjela bijele djeteline u krmi te je dostigla maksimum pri udjelu djeteline od 50 do 60%. Sukladno tome, mliječnost krava opadala je sa smanjenjem udjela djeteline, osobito ako je bila manja od 20% (Gately 1981.).

Kao posljedica većeg unosa energije, bjelančevine u mlijeku povećavaju se usporedno s udjelom mahunarki u djetelinsko-travnim smjesama, a to se odražava i na porastu mase goveda u tovu. Prema Orru i sur. (1990.) te Speijersu i sur. (2004.), dnevni prirast janjadi na pašnjacima s DTS bio je veći od prirasta na pašnjacima s gnojenim travnim vrstama. Budući da se djetelinsko-travne smjese u većini slučajeva ne gnoje s dušičnim gnojivima, prinos biljne mase manji je od gnojenih trava u istom stadiju rasta. Zbog toga je kod preživača na pašnjacima s DTS mliječnost i prirast manji nego kod preživača na monokulturnim travnjacima, jer je radi održavanja DTS pašnjaka potreban manji broj grla po hektaru (Humphreys i sur. 2009.).

Neki poljoprivrednici preferiraju pašnjake s isključivo travnim vrstama jer DTS pašnjaci zahtijevaju veći rad kako bi se održala ravnoteža mahunarki i trava te kako ne bi došlo do smanjivanja udjela neke vrste (Guckert i Hay 2001.). S druge strane, DTS pašnjaci zahtijevaju kraće vrijeme za obnovu tijekom ljeta, 4 do 6 tjedana, dok travama treba dulji period (za engleski ljulj 5 do 7 tjedana ljeti) (Undersander i sur. 2014.), te se time kompenzira manja proizvodnja biljne mase. Mahunarke poput lucerne, roškaste smiljkite i crvene djeteline trebaju periode odmora od 3 do 4 tjedna kroz cijelu vegetacijsku sezonu (Undersander i sur. 2014.).



Slika 4.4.2.1. Goveda pasmine Hereford na paši s velikim brojem biljnih vrsta.

Izvor: <https://farmwildlife.info/category/livestock/rotational-legume-and-herb-rich-leys/>

Budući da je u ekološkom uzgoju goveda neophodna ispaša, dolazi do većih razina različitih masnih kiselina u mlijeku i mesu, poput omega-3 i konjugirane linolne kiseline, a koje imaju višestruke povoljne učinke na ljudsko zdravlje. Nacionalni program ekološke poljoprivrede u SAD-u nalaže hranidbu goveda pašom, uz ograničene količine žitarica, stoga ekološko mlijeko sadrži veće koncentracije omega-3 i manje koncentracije omega-6 masnih kiselina od konvencionalnog mlijeka (Heckman 2015.). Prema Benbrooku i sur. (2013.), udio konjugirane linolne kiseline (CLA) u mlijeku ekološki uzgajanih krava povećavao se tijekom proljetnih i ljetnih mjeseci, kada su krave bile na ispaši, dok je kod konvencionalno uzgajanih krava udio CLA bio nizak kroz cijelu godinu. Uz mlijeko, u ekološkom pašnom uzgoju dolazi do kemijskih promjena i kod drugih životinjskih proizvoda. Karsten i Baer (2009.) zaključili su da se u ekološkom mesu, mlijeku i jajima iz pašnog uzgoja nalazi veća količina konjugirane linolne kiseline, uz vitamine A, E i B12. Leto (2016.) navodi da su meso, mlijeko i mliječne prerađevine životinja s paše najbogatiji izvor konjugirane linolne kiseline, koje je vrlo snažni antioksidant, antikancerogen i pojačivač imunološkog sustava. Zbog industrijskog uzgoja stoke, njihovi proizvodi imaju manje količine konjugirane linolne kiseline, što bi mogao biti jedan od razloga rastućeg problema pretilosti u razvijenijim zemljama.

Rheaume-Bleue (2012.) navodi da su životinjski proizvodi iz pašnog uzgoja dobri izvori vitamina topivih u mastima (A, D, E i K₂). Vitamin K₂ izrazito je bitan zbog uloge u apsorpciji minerala, posebice kalcija te pomaže u tvorbi čvrstih kostiju i zubi. Budući da je

vitamin topiv u mastima, ljudi ga mogu unositi konzumacijom masnog tkiva životinja, iako suvremene prehrambene smjernice govore protiv unosa masti (Hoenselaar 2012.).

4.4.3. Probavljivost dušika iz mahunarki u buragu

Gubitci dušika iz buraga u preživača hranjenih mahunarkama uvijek su veliki zbog neravnoteže između razgradivog dušika i iskoristive energije u krmnoj smjesi. Prema Beeveru i sur. (1986.), razgradivost bjelančevina u buragu veća je za mahunarke nego za engleski ljulj. Zbog toga dolazi do neučinkovite razgradnje dušika iz krmiva te većeg izlučivanja dušika putem mokraće. Prema Peyraudu (1993.), povećava se izlučivanje dušika s 20,1 g/kg ST (ljulj) na 29,8 g/kg ST (bijela djetelina), a količina dušika koja izlazi iz buraga u dvanaesnik uvijek je manja za mahunarke (za bijelu djetelinu je 75%), nego za trave (za engleski ljulj je 93%). Ribeiro-Filho i sur. (2005.) došli su do podataka da se izlučivanje dušika u mlijeku povećalo sa 17 g/kg kod hranidbe travnom smjesom na 20,7 g/kg kod hranidbe djetelinsko-travnom smjesom.

Nestrukturani ugljikohidrati poput škroba i šećera u krmivu trebali bi biti dovoljni za uspostavljanje ravnoteže izgubljene suviškom sirovih bjelančevina u buragu kako bi se održao idealni mikrobiološki sustav u buragu. Problem malog i varirajućeg udjela nestrukturanih ugljikohidrata u mahunarkama Miller i sur. (2001.) uspjeli su ublažiti selekcijom sorti, što je rezultiralo povećanjem probavljivosti i smanjenjem gubitaka izlučivanjem dušika. Zbog malog udjela ugljikohidrata i velikog udjela sirovih bjelančevina kod mahunarki te obrnutog slučaja kod trava, vrste u djetelinsko-travnim smjesama se nadopunjuju te na taj način smanjuju i unos dušičnih gnojiva te prekomjerno izlučivanje dušika u preživača.

Sirove bjelančevine razgradnjom tijekom siliranja pogoršavaju neravnotežu između razgradivih bjelančevina i energije (ugljikohidrata) u silaži mahunarki te zbog toga dolazi do neučinkovitog iskorištavanja dušika i njegovog izlučivanja (Dewhurst i sur. 2003.; Cohen i sur. 2006.). Cohen i sur. (2006.) tvrde da se dodavanjem žitarica u hranidbi može ublažiti nedostatak energije u silaži mahunarki te smanjiti gubitak dušika. Sijeno ili silaža mahunarki može se nadopuniti siliranim kukuruzom radi dobivanja dovoljne količine energije i bjelančevina u hranidbi (Chenais i sur. 1993.). Prema Peyraudu i sur. (2012.), time se također može poboljšati samodostatnost u izvoru bjelančevina, zbog zamjene uvozne sojine krme lokalno uzgojenim izvorom bjelančevina - mahunarkama.

4.5. Sekundarni metaboliti mahunarki

Najčešći sekundarni metaboliti mahunarki su tanini, polifenol oksidaze i proteaze. Ti spojevi pružaju mogućnosti smanjenja emisija stakleničkih plinova iz stočarstva te mogu biti korisni za hranidbu i zdravlje preživača (Mueller-Harvey 2006.; Kingston-Smith i sur. 2010.). Iako sve mahunarke prinodose plodnosti tla i održivosti travnjaka, esparzeta je posebno izdržljiva u sušnim i vapnom bogatim tlima (Sölter i sur. 2007.), a u tlu ostavlja čak 16.200 kg/ha suhe tvari korijenja, što je u usporedbi s lucernom (4.200 kg/ha) prilično puno (Sergeeva 1955.).

Kombinacijom različitih vrsta mahunarki na području Europe mogu se iskoristiti tla u vrlo širokom rasponu pH vrijednosti. U posljednjih pedesetak godina razvio se velik broj kultivara crvene i bijele djeteline te lucerne, dok su neke vrste poput roškaste smiljkite ili esparzete ostale nerazvijene, s tek nekoliko kultivara. Zbog njihove poljoprivredne vrijednosti očekuje se daljnji razvitak ovih vrsta, s ciljem poboljšanja njihovih svojstava za bolje iskorištavanje.

4.5.1. Tanini

Tanini ili trijeslovine po sastavu su esteri aromatskih hidroksikarboksilnih kiselina (flavanola), a nalaze se u listovima i stabljikama nekoliko vrsta mahunarki - roškastoj smiljkiti, esparzeti, slatkovini, lespedezi te u cvjetovima djetelina (Slika 4.5.1.1.) (Waghorn i sur. 1998.; Mueller-Harvey 2006.; Waghorn 2008.; Piluzza i sur. 2014.). Ukupna koncentracija tanina ovisi o mnogo čimbenika - kultivaru (Häring i sur. 2007.; Azuñwi i sur. 2011.; Stringano i sur. 2012.), dijelu biljke (Häring i sur. 2007.) te načinu prerade (Hoste i sur. 2006.).

Prema Agricology (2015.), mahunarke bogate kondenziranim taninima, poput esparzete i roškaste smiljkite mogu pojačati imunitet životinja te imaju antiparazitska svojstva. Također se istražuje utjecaj tanina na mikrobe koji hidrogeniraju masne kiseline u buragu. Tanini smanjuju mikrobiološku aktivnost takvih mikroba te time povećavaju količine polinezasićenih masnih kiselina u mlijeku.

U budućnosti će biti sve potrebni kultivari koji imaju stalnu količinu tanina kako bi se bolje iskoristio njihov učinak u poljoprivredi. Premda je poznat biološki proces sinteze flavanola, još uvijek se istražuje genetska podloga nastanka tanina, a upitna je i podatnost gena odgovornih za sintezu tanina u selekciji novih kultivara mahunarki (Dixon i sur. 2012.).



Slika 4.5.1.1. Mliječna krava na paši lucerne s cvjetovima bogatim taninima.

Izvor: <https://www.progressiveforage.com/forage-types/grasses-and-grazing/how-tannins-in-alfalfa-aid-bypass-protein-efficiency>

Uloga kondenziranih tanina u smanjenju propadanja bjelančevina unutar buraga dobro je poznata i opisana (Jones i Mangan 1977.; Waghorn 2008.). Min i sur. (2003.) utvrdili su da se dodatkom tanina u hranidbi intenzivno povećava količina bjelančevina koja odlazi u dvanaesnik. Prema Mueller-Harveyu (2006.), tanini stvaraju kemijske veze s bjelančevinama i na taj način smanjuju propadanje bjelančevina tijekom siliranja i unutar buraga. Još nisu poznate vrste kondenziranih tanina koje stvaraju idealnu količinu veza s bjelančevinama. Kod nekih vrsta smiljkita tanini su prejaki pa preživači ne mogu u potpunosti iskoristiti biljne bjelančevine te ih izlučuju u izmetu (Waghorn i sur. 1998.). S druge strane, druge vrste smiljkita i neki kultivari esparzete imaju iznimno povoljnu količinu tanina te se dovoljna količina bjelančevina zaštiti u buragu kako bi se mogla apsorbirati u dvanaesniku i tankom crijevu (Waghorn 2008.) što je vrlo važno za visokoproduktivna mliječna grla.

Kombinacijom različitih mahunarki u procesu siliranja dobiva se krmivo koje ima veliku količinu bjelančevina, uz manje propadanje u buragu zbog prisutnosti tanina. Wang i sur. (2007.) siliranjem lucerne i esparzete dobili su kvalitetno krmivo koje je povećalo probavljivost kod ovaca, a Niderkorn i sur. (2012.) dobili su pozitivne rezultate siliranjem esparzete i klupčaste oštrice.

Tanini ne rješavaju sve probleme vezane uz probavu bjelančevina. Iako veća količina bjelančevina odlazi u dvanaesnik, ne povećava se njihovo iskorištavanje u crijevima (Egan i Ulyatt 1980.). Premda preživači konzumacijom taninskih mahunarki izlučuju manje dušika putem mokraće, više ga izluče putem izmeta. Iako je tako, stajski gnoj bogat dušikom je visokovrijedno gnojivo koje obogaćuje tlo, dok se urea iz mokraće vrlo brzo pretvara u amonijak i dušikov oksid te time onečišćuje atmosferu (Mueller-Harvey, 2006.; Woodward i sur. 2009.).

Za razliku od Novog Zelanda, SAD-a i Kanade, koji koriste taninske mahunarke u hranidbi stoke te svojim istraživanjima dokazuju povećanje mliječnosti krava (Woodward i sur. 2009.), u Europi se ove vrste koriste relativno slabo te su zastupljene samo na nekoliko lokacija.

4.5.2. Proteaze i polifenol oksidaze

Vrlo slaba pozornost obraća se na biljne proteaze, enzime aktivne tijekom početka probavljanja u buragu (Kingston-Smith i sur. 2010.). Kingston-Smith i sur. (2003.) ispitali su koncentracije proteaza u laboratorijskim uvjetima. Mahunarke imaju vrlo raznoliku koncentraciju, ovisno o vrsti, a to rezultira još raznolikijim trajanjima bjelančevina - u laboratorijskim uvjetima koji oponašaju burag, vrijeme poluraspada esparzete bilo je 19 sati, a bijele djeteline samo 1 sat.

Uz proteaze, neke mahunarke, kao na primjer crvena djetelina, sadrže i polifenol oksidaze, enzime koji mogu povezivati polifenole i bjelančevine te tako zaštititi bjelančevine od ubrzanog raspada u buragu (Kingston-Smith i sur. 2010.). Polifenol oksidaze pokazuju utjecaj na smanjenje proteolize u laboratorijskim uvjetima (Jones i sur. 1995.), ali ruminalnim pokusima na životinjama još nisu dobiveni pozitivni rezultati.

4.6. Utjecaj sekundarnih metabolita na zdravlje životinja

4.6.1. Nadam

Nadam predstavlja vrlo ozbiljni metabolički problem te može dovesti do uginuća životinje i novčanog gubitka. Nastaje pri prebrzoj razgradnji biljaka u buragu, uslijed čega dolazi do stvaranja čvrste pjene od fermentacijskih plinova koja ne može izaći iz životinje (Wang i sur. 2012.).

Tanini i polifenoli imaju raznovrsno pozitivno djelovanje i mogućnosti u stočarskoj proizvodnji, s naglaskom na zdravlje životinja (Wang i sur. 2012.). Prema Mueller-Harveyu (2006.), biljke s kondenziranim taninima, poput esparzete, roškaste smiljkite, šarenog grašara (*Coronilla varia* L.) ili livadnog kozlinca (*Astragalus cicer* L.) kao čiste kulture ili u smjesama s biljkama koje pogoduju nastanku nadma, nikad ne uzrokuju nadam. Kombinacija esparzete i lucerne u paši sprječava nastanak nadma kod goveda (McMahon i sur. 2000.).

4.6.2. Parazitske bolesti

Parazitarne protozoe koje uzrokuju proljev kod velikog broja domaćih životinja, pa čak i kod čovjeka, mogu u poljoprivredi izazvati velike ekonomske gubitke. Saratsis i sur. (2012.) proveli su *in vitro* i *in vivo* pokuse s esparzetom u hranidbi ovaca. Kondenzirani tanini također su korisni u prevenciji mijaza (infestacija ličinkama muhe u tkivu životinje) u ovaca, koje nastaju na tkivu onečišćenim mokrim izmetom. Zbog tanina u hranidbi izmet ima manje vlage pa se time odbijaju parazitske muhe (Waghorn 2008.). U suvremenom uzgoju domaćih životinja veliki problem su parazitarne crvi i nematode, koji se u intenzivnom konvencionalnom uzgoju suzbijaju antihelminticima. Kako navodi Molento (2009.), otpornost nematoda prema sve tri skupine antihelmintika sa širokim rasponom djelovanja predstavlja sve veću opasnost. U ekološkom uzgoju životinja nije dozvoljena primjena kemijski sintetiziranih alopatskih lijekova ili antibiotika za preventivno liječenje (NN 1/2013) s iznimkama u slučaju vrlo opasnih slučajeva oboljenja, čime se smanjuju mogućnosti liječenja zaraženih životinja te je potrebno okrenuti se prevenciji.

Prema Burkeu i sur. (2012.), neki poljoprivrednici u SAD-u koriste se mahunarkom lespedezom (*Lespedeza cuneata*) u kontroli određenih vrsta nematoda (Slika 4.6.2.1.). Kondenzirani tanini u biljci djeluju na nematode u ključnim životnim stadijima te tako predstavljaju prirodni lijek (Hoste i sur. 2006.; Martínez-Ortíz-de-Montellano i sur. 2013.). Djelovanje tanina protiv nematoda objasnio je Mueller-Harvey (2006.) - tanini stvaraju čvrste veze s bjelančevinama bogatima prolinom, koje se nalaze na površini nematoda. Zanimljivo je da su antihelmintička svojstva bila prisutna, pa čak i pojačana, kod silaže ili sijena esparzete (Hoste i sur. 2006.; Häring i sur. 2008.). Zbog toga se esparzeta može koristiti i u najosjetljivijim periodima uzgoja, nakon teljenja, jarenja, janjenja, itd., kad su i majka i mladunče slabog imuniteta te predstavlja kvalitetno sredstvo u prevenciji infestacija životinja.

U različitim istraživanjima (Min i sur. 2003.; Häring i sur. 2008.; Novobilský i sur. 2011.; Burke i sur. 2012.; Azuhwi i sur. 2013.) navodi se da kondenzirani tanini i monomeri flavanola imaju učinkovito djelovanje protiv nematoda u *in vitro* i *in vivo* kod različitih vrsta domaćih životinja. Posljednja istraživanja pokazuju da tanini mogu djelovati na T-limfocite u organizmu, koji bi inače zbog primjene antihelmintika s imunosupresivnim djelovanjem bili u mirovanju (Provenza i Villalba 2010.; Tibe i sur. 2012.).



Slika 4.6.2.1. Koze na paši lespedeze smanjuju infestacije parazitima probavnog sustava.

Izvor: https://www.wormx.info/image-gallery?lightbox=image_1k74

4.7. Smanjenje utjecaja na okoliš korištenjem mahunarki

Već prethodno navedene karakteristike mahunarki pružaju velike mogućnosti u očuvanju okoliša: povećanje prinosa, zamjena mineralnih dušičnih gnojiva simbiotskom fiksacijom dušika, veća hranjiva vrijednost krme te bolja proizvodnost životinja. Ukupno gledano, ove karakteristike čine travnjake s djetelinsko-travnim smjesama puno korisnijima i kvalitetnijima za okoliš, a utječu na širok spektar čimbenika u poljoprivrednoj proizvodnji, od tla do završnog proizvoda.

Mahunarke zbog svoje sposobnosti simbiotske fiksacije uspješno zamjenjuju mineralna gnojiva, koja su u ekološkom uzgoju ionako zabranjena. Višestruko je dokazana štetnost primjene mineralnog dušika u tlu, čime se uništava postojeći mikrobiom koji bi proizvodio dušik razgradnjom organske tvari. Mahunarke fiksacijom umanjuju znatne količine dušika iz atmosfere te ga vežu nazad u tlo, u obliku prihvatljivom biljkama i mikrobima, a uz to pružaju i dovoljno hranjivih tvari za hranidbu stoke. Smanjenjem ispiranja dušika u obliku nitrata i nitrita iz tla u podzemne vodotokove čuvaju se prirodni resursi potrebni za održivu poljoprivrednu proizvodnju.

Prema Heckmanu (2015.), svi okolišni problemi povezani s konvencionalnom proizvodnjom žitarica - erozija tla, gubitci ugljika iz tla, intenzivna primjena štetnih kemikalija i goriva za mehanizaciju - mogu se umanjiti prijelazom s konvencionalnog uzgoja stoke na ekološki pašni sustav.

Prema Vertesu i sur. (1997.), djetelinsko-travne smjese imaju 5 - 10% manje količine ispranog dušika od čistih travnjaka. Kako navode Hooper i Vitousek (1997., 1998.), Scheher-Lorenzen i sur. (2003.) te Palmborg i sur. (2005.), velike količine simbiotski fiksiranog dušika mogu izazvati ispiranje nitrata spojeva u tlu, prema tome povećanje ispiranja moguće je povećanjem udjela mahunarki u smjesi. Loiseau i sur. (2001.) istraživali su ispiranje nitrata u različitim kulturama. Na površinama zasijanima isključivo bijelom djetelinom izmjereni su veći gubitci dušika u tlu (28 - 140 kg N/ha), nego kod površina s engleskim ljuljem (1 - 10 kg N/ha). Svakako su najveći gubitci izmjereni na golom tlu: 84 - 149 kg N/ha. Ovi gubitci umanjuju se sjetvom djetelinsko-travne smjese, u kojoj treba biti dovoljni udio trave koja će apsorbirati mineralni dušik iz tla.

Prema Nyfeleru (2009.), ne dolazi do ispiranja dušika ako mahunarke u smjesi imaju udio 60 - 80%, čak i uz umjerenu primjenu dušičnih gnojiva. S druge strane, neka istraživanja pokazala su da se kod djetelinsko-travnih smjesa dugoročno povećava količina dušika u tlu jer dolazi do mineralizacije biljnih ostataka mahunarki. Oelmann i sur. (2011.) proveli su petogodišnje istraživanje povećanja dušika u tlu zasijanom mahunarkama te su zaključili da se količina nitrata nije povećala u tom razdoblju pa stoga nije bilo opasnosti od ispiranja dušika u dublje slojeve tla.

Pašnjaci s djetelinsko-travnom smjesom bijele djeteline i engleskog ljulja predstavljaju važnu sastavnicu stočarske proizvodnje s niskim ulaganjima (Slika 4.7.1.), prvenstveno zbog manjih troškova gnojidbe dušikom (Thomas 1992.; Pflimlin i sur. 2003.). Razni autori (Ledgard i sur. 2009.; Peyraud i sur. 2009.) navode kako se dušik manje ispire u tlu ne samo kod košenih DTS livada, nego i na DTS pašnjacima, dok se kod čistih travnjaka gnojenih mineralnim gnojivima ispire znatno više dušika. Ovo se može objasniti razlikom u broju grla na jedinici površine, jer djetelinsko-travne smjese mogu podnijeti manji broj grla od čistih travnjaka, a u manjem udjelu i zbog iznimno niske simbiotske fiksacije dušika u čistim travnjacima uslijed velikih količina dostupnog mineralnog dušika u tlu.

Prema istraživanju koje su proveli Ledgard i sur. (2009.), pri opterećenju od 3 grla goveda i prinosu mlijeka od 13.200 kg po hektaru izmjerena je gotovo jednaka količina ispranog dušika (30 kg N/ha) i kod DTS i čistih travnjaka gnojenih sa 160 kg N/ha. Kod intenzivnije gnojenih čistih travnjaka (207 kg N/ha) i 15.500 kg mlijeka po hektaru, ispiranje dušika povećalo se do 60 kg N/ha.

Nema puno podataka o ispiranju dušika kod drugih mahunarki, uglavnom se provode na bijeloj djetelini. Sullas i sur. (2012.) proveli su istraživanje na 10 vrsta mahunarki, a ispiranje dušika je kod svih vrsta bilo slično i vrlo nisko, unutar dozvoljenih granica. Russelle i sur. (2001.) navode da su gubitci dušika bili manji kod DTS lucerne i trava, nego kod smjese s bijelom djetelinom.



Slika 4.7.1. Mesna goveda na paši djetelinsko-travne smjese.

Izvor: <http://www.kingsagriseeds.com/4-rules-perfect-pairings/>

4.8. Smanjenje ispuštanja stakleničkih plinova korištenjem mahunarki

4.8.1. Metan

Jedan od plinova nastalih u buragu preživača smatra se vrlo važnim i štetnim stakleničkim plinom nastalim u poljoprivrednoj proizvodnji a to je metan (Waghorn i Hegarty 2011.). Preživači koji se hrane krmivima s mahunarkama po količini hrane ispuštaju manje metana od životinja hranjenih isključivo travnim vrstama (McCaughey i sur. 1999.; Waghorn i sur. 2006.), iako neki autori (Van Dorland i sur. 2007.) ističu da nije uvijek tako. Nastankom većih količina propionske kiseline u buragu tijekom probave dolazi do manjeg stvaranja metana, budući da propionska kiselina veže vodik. Nedosljednost rezultata različitih istraživanja može se objasniti razlikama u sastavu krmiva - stadiju zrelosti i prisutnosti tanina, a treba uzeti u obzir i genotipove životinja.

Uz sva prethodno navedena korisna svojstva, tanini u nekim vrstama mahunarki mogu se koristiti i za smanjivanje ispuštanja metana (Kingston-Smith i sur. 2010.). Prema Jayanegari i sur. (2012.), tanini s udjelom iznad 20 g/kg ST krmiva imaju antimetansko

djelovanje u *in vitro* pokusima. Waghorn (2008.) navodi antimetansko djelovanje tanina iz esparzete u *in vivo* pokusima, dok Woodward i sur. (2004.) navode iste rezultate kod roškaste smiljkite, a Woodward i sur. (2002.) kod slatkovine. Iako još nije sasvim istraženo, antimetanogeno djelovanje tanina može proizlaziti iz njihovog izravnog djelovanja protiv metanogena ili od neizravnog djelovanja, uništavanjem protozoa.

4.8.2. Dušikov oksid

U industrijskoj proizvodnji mineralnog dušika (amonijaka) uz velike utroške energije dolazi i do ispuštanja dušikovog oksida u atmosferu. Na svaki kg proizvedenog amonijaka, u atmosferu se ispusti 19 g N₂O (Ecoinvent 2010.). Kingston-Smith i sur. (2010.) navode da se za svakih 100 kg mineralnog dušika unesenog u tlo, u atmosferu ispusti oko 1 kg dušika u obliku N₂O, koji je oko 300 puta jači staklenički plin od ugljičnog dioksida. Do ispuštanja dušikovog oksida u atmosferu iz pašnjaka i livada najviše dolazi pri vlažnom tlu s ograničenim količinama kisika i velikom količinom nitrata. U takvim uvjetima dolazi do procesa denitrifikacije (Soussana i sur. 2010.). Prema Klumppu i sur. (2011.), do intenzivnog ispuštanja dušikovog oksida u atmosferu dolazi odmah nakon gnojidbe mineralnim gnojivima.

Kod djetelinsko-travnih smjesa prisutno je znatno manje ispuštanje dušikovog oksida u atmosferu. Zbog simbiotske fiksacije dušika, on se u tlu ne nalazi kao slobodan i reaktivan spoj, već se skladišti u nodulima. Nadalje, intenzitet fiksacije ovisi o potrebama biljke, to jest o njenoj veličini, tako da ne može doći do neumjerene fiksacije atmosferskog dušika. U djetelinsko-travnim smjesama korijenje travnih vrsta apsorbira dušik fiksiran u nodulima mahunarki te putem mineralizacije organske tvari u tlu (Lüscher i sur. 2014.).

Od 2006. simbiotska fiksacija dušika uklonjena je iz međunarodnih smjernica za stakleničke plinove (IPCC 2006.) kao izravni uzročnik ispuštanja dušikovog oksida. Iako postoje pojedina istraživanja s rezultatima koji ukazuju na povećano ispuštanje N₂O u DTS, također nedostaju čvrste poveznice između samog procesa fiksacije N i ispuštanja N₂O. Baggs i sur. (2000.) zaključili su da se poveznica između ta dva procesa može svesti samo na raspadanje organskih ostataka paše pri obnovi pašnjaka.

4.8.3. Ugljični dioksid

U industrijskoj proizvodnji svakog kilograma mineralnog dušika ispušta se oko 2,25 kg CO₂ u atmosferu. Mahunarke se smatraju neutralnima u ispuštanju stakleničkih plinova, jer sav ugljik potreban za simbiotsku dušičnu fiksaciju dobivaju iz atmosfere putem fotosinteze. Budući da ugljični dioksid predstavlja veliki problem za okoliš jer ga industrijska proizvodnja ispušta kao nusproizvod u atmosferu, gdje se ponaša kao staklenički plin, pojavilo se rješenje - skladištenje ili sekvestracija ugljika u tlo.

Ugljik je u tlu neophodan element jer dolazi u svim organskim spojevima, od kojih su građeni svi živi organizmi - od mikroba i biljaka, pa sve do životinja i ljudi. Organska tvar u tlu bitni je čimbenik plodnosti tla, a njezin udio u tlu pokazuje kvalitetu tla za uzgoj bilo koje poljoprivredne kulture. Uklanjanjem biljne mase s poljoprivrednih površina odnosi se i znatna količina ugljika, a atmosferski ugljik moguće je skladištiti u tlu samo preko procesa fotosinteze. Prema Kirkbyju i sur. (2011.), omjer C i N u organskoj tvari tla gotovo je jednak u svim vrstama tla, stoga se skladištenjem ugljika skladišti i dušik, i to 80 kg dušika po 1 toni ugljika (omjer C:N = 25:2).

Christopher i Lal (2007.) tvrde da je stvaranje humusa u tlu ograničeno dostupnim dušikom, čime se ističe važnost mahunarki i simbiotske fiksacije dušika kao sredstva za skladištenje većih količina i dušika i ugljika u tlu. Nekoliko istraživanja (Ruz-Jerez i sur. 1994.; Mortensen i sur. 2004.) pokazalo je da se veći udio organske tvari u tlu nalazi na površinama pod djetelinsko-travnim smjesama, nego kod čistih travnjaka.

4.8.4. Staklenički plinovi na mliječnim farmama

Basset-Mens i sur. (2005.) u istraživanju su usporedili ispuštanje stakleničkih plinova na mliječnim farmama u Švedskoj, Južnoj Njemačkoj i Novom Zelandu. Budući da Novi Zeland uglavnom koristi cjelogodišnje pašnjake s DTS bijele djeteline i raznih vrsta trava uz manje od 10% potrebne prihrane goveda, pokazalo se da je ispuštanje stakleničkih plinova manje za 30 - 80% po 1 kg mlijeka. Kod intenzivne europske proizvodnje na ispitivanim područjima, na kojima se koriste isključivo čisti travnjaci, ispuštanje metana je bilo manje, ali je ispuštanje CO₂ bilo čak 3,7 puta veće nego na Novom Zelandu. To se može objasniti

proizvodnjom i prijevozom koncentrata za hranidbu te primjenom mineralnog dušičnog gnojiva.

Schils i sur. (2005.) napravili su usporedbu ispuštanja stakleničkih plinova na mliječnim farmama u Nizozemskoj. Tamo su se koristili pašnjaci s DTS (bijela djetelina - engleski ljulj) ili čisti travnjaci. Rezultati su pokazali 20% manje ispuštanje stakleničkih plinova po kilogramu mlijeka za djetelinsko-travne smjese.

4.9. Uloga mahunarki u prilagodbi na klimatske promjene

Putem vezanja atmosferskog ugljika i dušika, mahunarke predstavljaju korisno oruđe u ublažavanju klimatskih promjena. Zbog povećane količine ugljičnog dioksida u atmosferi, povećava se intenzitet fotosinteze, što opet omogućava veće skladištenje ugljika u tlu. Prema različitim istraživanjima, prinosi biljaka povećavaju se sukladno intenzitetu fotosinteze, a samo količina dušika u tlu predstavlja ograničenje za rast. Soussana i Hartwig (1996.) i Zanetti i sur. (1997.) navode da u takvim uvjetima dolazi do manjka dušika za rast travnih vrsta. S druge strane, mahunarke imaju neograničene količine dostupnog dušika iz atmosfere te mogu uravnotežiti razlike između potražnje i dostupnosti dušika u tlu.

Prema raznim istraživanjima (Hebeisen i sur. 1997.; Lüscher i sur. 1998., 2000., 2004.; Almeida i sur. 2000.), u uvjetima plodnog tla i dovoljne količine drugih makro- i mikrohranjiva, mahunarke znatno bolje uspijevaju pri većim količinama atmosferskog CO₂ nego druge porodice biljaka, a to rezultira većom simbiotskom fiksacijom te većim porastom biljke. Lüscher i sur. (2004.) navode da je dodatna količina dušika u tlu bila prisutna isključivo zbog povećanog intenziteta simbiotske fiksacije uslijed veće količine CO₂ u atmosferi.

Zbog prisutnih klimatskih promjena dolazi do povećanja prosječne godišnje temperature. Prema Mitchellu (1956.) i Daviesu i Youngu (1967.), mahunarke zahtijevaju veće temperature za rast biljke od travnih vrsta, prema tome one mogu pravilno iskoristiti razdoblje najvećeg intenziteta porasta biljke, koji je za npr. bijelu djetelinu tijekom ljeta (Lüscher i sur. 2005.). Zbog sve češćih sušnih perioda kroz godinu, moglo bi doći do češćeg korištenja mahunarki s duboko prodirućim korijenjem, poput crvene djeteline, lucerne, roškaste smiljkite i esparzete.

4.10. Stabilnost mahunarki u djetelinsko-travnim smjesama

Djetelinsko-travne smjese najbolje funkcioniraju pri udjelu mahunarki od 30 do 50% (Lüscher i sur. 2014.). Zbog različitog životnog vijeka mahunarki i trava, klimatskih i okolišnih uvjeta te gnojidbe, može doći do gubljenja jedne ili više vrsta iz smjese. Stoga se postavlja pitanje - kako održati jednaki udio mahunarki u smjesi kroz više godina. Prema Hartwigu (1998.), mahunarke imaju prednost u tlima s manjim udjelom dušika. Prema nefiksirajućim vrstama, odnosno travama, imaju veći rast u uvjetima nedostatka dušika zbog sposobnosti simbiotske fiksacije (Woledge 1998.). S druge strane, Faurie i sur. (1996.) navode da u tlima s dovoljnom količinom dušika travne vrste prerastu mahunarke, jer je simbiotska fiksacija iscrpljujući proces za biljke. Čak i u prethodno opisanom međunarodnom istraživanju (COST Action 852) došlo je do drastičnog opadanja udjela mahunarki na pokusnim poljima tijekom treće i četvrte godine (Nyfeler i sur. 2009.; Finn i sur. 2013.).

Schwank i sur. (1986.) navode da se udio mahunarki u smjesama može održati redovitom košnjom i smanjenjem gnojidbe dušičnim gnojivima. To je opisano i u Švicarskom pokusu (FACE - Free-air CO₂ enrichment), u kojem su Hebeisen i sur. (1997.) i Zanetti i sur. (1997.) naveli da je nakon tri godine uzgoja s poželjnim udjelom, bijela djetelina pala na samo 14%, zbog neredovite košnje i gnojidbe visokim količinama dušika. Na livadama s redovitom košnjom i niskim količinama dušika u gnojivu bijela djetelina je i dalje imala udio od 57%.

Uz regulaciju razine dušika i učestalu košnju/napasivanje, ravnotežu u djetelinsko-travnim smjesama moguće je održati pomoću pomno planiranih i sastavljenih smjesa, često od više vrsta mahunarki i trava. U sklopu međunarodnog istraživanja COST Action 852, na švicarskim pokusnim poljima korištene su posebne smjese koje su sadržavale do osam vrsta, a razvijane su kroz nekoliko desetljeća pokusa (Suter i sur. 2012.). Tijekom pokusa, udio mahunarki u tim smjesama znatno je manje varirao nego kod smjesa s četiri vrste (Suter i sur. 2010.). Lüscher i sur. (1992.) navode da se djetelinsko-travnim smjesama s pozitivnim međudjelovanjem vrsta mogu dobiti stabilniji travnjaci. Prema Suteru i sur. (2007.), kvaliteta i stabilnost udjela biljaka u smjesi ovisi ne samo o vrstama, nego i o različitim kultivarima. Iz svega navedenog vidljive su velike mogućnosti u daljnjem razvitku stabilnih djetelinsko-travnih smjesa.

5. Zaključak

Kao sastavnice u djetelinsko-travnim smjesama, mahunarke imaju značajnu ulogu u ekološkoj poljoprivredi. Uspješnost njihovog uzgoja nije vezana samo uz jednu karakteristiku, nego uz niz različitih međudjelovanja između biljaka, tla i atmosfere. Najbolje prinose daju djetelinsko-travne smjese s 30 - 50% mahunarki. Značajne prednosti mahunarki su povećani prinosi u smjesama, simbiotska fiksacija atmosferskog dušika bez ispuštanja stakleničkih plinova, opskrba nefiksirajućih vrsta (trava) dušikom putem korijenja, veća konzumacija krme i hranjiva vrijednost smjesa s mahunarkama te bolja proizvodnost stoke. Nadalje, sekundarni metaboliti mahunarki mogu povećati probavu bjelančevina kod preživača te smanjiti potrebe za korištenjem antiparazitskih lijekova kod životinja.

Mahunarke imaju višestruko pozitivno djelovanje na okoliš, smanjujući potrebu za korištenjem fosilnih goriva te industrijski proizvedenog dušika za gnojidbu, smanjenjem ispiranja dušika u tlu, smanjenjem ispuštanja stakleničkih plinova u atmosferu te većom samodostatnošću bjelančevinama, smanjenjem potreba za uvozom krmiva. Iako imaju veliki broj prednosti, ograničenja u uzgoju, poput malog broja kultivara manje zastupljenih mahunarki, zahtijevaju daljnja istraživanja mahunarki.

Glavne karakteristike koje se trebaju istražiti u budućnosti su održivost udjela mahunarki u djetelinsko-travnim smjesama, potreba za daljnjim povećanjem hranjive vrijednosti u krmnim smjesama s mahunarkama te bolje upoznavanje i iskorištavanje sekundarnih metabolita u mahunarkama. Zbog sve češćih vremenskih varijacija i klimatskih promjena, sve većeg onečišćenja i degradacije svjetskih tala te sve veće potražnje za izvorima bjelančevina, u budućnosti se očekuje još važnija uloga mahunarki u poljoprivredi, kako konvencionalnoj, tako i ekološkoj.

6. Popis literature

1. Agricoology (2015.). Introducing The LegumePlus Project: Sainfoin, Birdsfoot Trefoil & Red Clover. <www.agricology.co.uk/resources/introducing-legumeplus-project-sainfoin-birdsfoot-trefoil-red-clover> Pristupljeno 8. lipnja 2018.
2. Agroklub (2016.). Djetelinsko-travne smjese u eko poljoprivredi. <www.agroklub.com/ratarstvo/djetelinsko-travne-smjese-u-eko-poljoprivredi/28857/> Pristupljeno 9. lipnja 2018.
3. Alder F.E., Minson D.J. (1963.). The herbage intake of cattle grazing lucerne and cocksfoot pasture. The Journal of Agricultural Science, 60, 359-369.
4. Almeida J.P.F., Hartwig U.A., Frehner M., Nösberg J., Lüscher A. (2000.). Evidence that P deficiency includes N feedback regulation of symbiotic N₂ fixation in white clover (*Trifolium repens* L.). Journal of Experimental Botany, 51, 1289-1297.
5. Arnaud J.D., Le Gall A., Pflimlin A. (1993.). Evolution of the acreages of forage legume crops in France. Fourrages, 134, 145-154.
6. Azuhwi B.N., Boller B., Martens M., Dohme-Meier F., Ampuero S., Günter S., Kreuzer M., Hess H.D. (2011.). Morphology, tannin concentration and forage value of 15 Swiss accessions of sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) as influenced by harvest time and cultivation site. Grass and Forage Science, 66, 474-487.
7. Azuhwi B.N., Boller B., Martens M., Dohme-Meier F., Ampuero S., Günter S., Kreuzer M., Hess H.D. (2011.). Morphology, tannin concentration and forage value of fifteen Swiss accessions of sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) as influenced by harvest time and cultivation site. Grass and Forage Science, 66, 474-487.
8. Azuhwi B.N., Hertzberg H., Arrigo Y., Gutzwiller A., Hess H.D., Mueller-Harvey I., Torgerson P., 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, 2342-2354.
9. Baggs E.M., Rees R.M., Smith K.A., Vinten A.J.A. (2000.). Nitrous oxide emission from soils after incorporating crop residues. Soil Use and Management, 16, 82-87.
10. Basset-Mens C., Ledgard S., Carran A. (2005.). First life cycle assessment of milk production from New Zealand dairy farm systems. AgResearch Ltd., New Zealand.
11. Beever D.E., Dhanoa M.S., Losada H.R., Evans R.T., Cammell S.B., France J. (1986.). The effect of forage species and stage of harvest on the process of digestion occurring in the rumen of cattle. British Journal of Nutrition, 56, 439-454.

12. Benbrook C.M., Butler G., Latif M.A., Leifert C., Davis D.R. (2013.). Organic production enhances milk nutritional quality by shifting fatty acid composition: A united States-Wide 18-month study. *PLOS*, 8(12).
13. Black J. (2015.). How one company is trying to make 'pasture-raised' the new egg standard. *The Washington Post*.
14. Boller B.C., Nösberger J. (1987.). Symbiotically fixed nitrogen from field-grown white and red clover mixed with ryegrasses at low levels of ¹⁵N-fertilization. *Plant and Soil*, 104, 219-226.
15. Brown L., Scholefield D., Jewkes E.C., Preedy N., Wadge K., Butler M. (2000.). The effect of sulphur application on the efficiency of nitrogen use in two contrasting grassland soils. *The Journal of Agricultural Science*, 135, 131-138.
16. Burke J.M., Miller J.E., Mosjidis J.A., Terrill T.H. (2012.). Grazing sericea lespedeza for control of gastrointestinal nematodes in lambs. *Veterinary Parasitology*, 186, 507-512.
17. Burns J.C., Standaert J.E. (1985.). Productivity and economics of legume-based vs. nitrogen fertilized grass-based pastures in the United States. *Proc. Trilateral Workshop*, Palmerston North, New Zealand. USDA-ARS, Washington, DC.
18. Cardinale B.J., Wright J.P., Cadotte M.W., Carroll I.T., Hector A., Srivastava D.S., Loreau M., Weis J.J. (2007.). Impacts of plant diversity on biomass production increase through time because of species complementarity. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104, 18123-18128.
19. Carlsson G., Huss-Danell K. (2003.). Nitrogen fixation in perennial forage legumes in the field. *Plant and Soil* 253: 353-372.
20. Carlsson G., Palmborg C., Jumpponen A., Scherer-Lorenzen M., Högberg P., Huss-Danell K. (2009.). N₂ fixation in three perennial *Trifolium* species in experimental grasslands of varied plant species richness and composition. *Plant Ecology*, 205, 87-104.
21. Castle M.E., Reid D., Watson J.N. (1983.). Silage and milk production: studies with diets containing white clover silage. *Grass and Forage Science*, 38, 193-200.
22. Chenais F., Le Gall A., Jullien J.P. (1993.). Advantage for milk production of incorporating legume silage in maize silage-based diets. *Fourrages*, 134, 259-265.
23. Christopher S.F., Lal R. (2007.). Nitrogen management affects carbon sequestration in North American cropland soils. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 26, 45-64.
24. Cohen D.C., Stockdale C.R., Doyle P.T. (2006.). Feeding an energy supplement with white clover silage improves rumen fermentation, metabolisable protein utilisation and milk production in dairy cows. *Australian Journal of Agricultural Research*, 57, 367-375.
25. COST (2011). *Quality Legume-Based Forage Systems for Contrasting Environments*. <www.cost.eu/domains_actions/fa/Actions/852> Pristupljeno 25. svibnja 2018.
26. Davies W.E., Young N.R. (1967.). The characteristics of European, Mediterranean and other populations of white clover (*Trifolium repens* L.). *Euphytica*, 16, 330-340.

27. Delaby L., Peccatte J.R. (2003.). Nutritive value of ryegrass/white clover pastures used after a regrowth of 6 to 12 weeks. *Rencontres Recherches Ruminants*, 10, 389.
28. Dewhurst R.J., Fisher W.J., Tweed J.K.S., Wilkins R.J. (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.
29. Dixon R.A., Liu C., Jun J.H. (2012.). Metabolic engineering of anthocyanins and condensed tannins in plants. *Current Opinion in Biotechnology*, 24, 329-335.
30. Ecoinvent (2010.). ecoinvent Data - The Life Cycle Inventory Data V2.2. Swiss Centre for Life Cycle Inventories, Dübendorf. <www.ecoinvent.org> Pristupljeno 5. lipnja 2018.
31. Egan A.R., Ulyatt M.J. (1980.). Quantitative digestion of fresh herbage by sheep. *The Journal of Agricultural Science*, 94, 47-56.
32. Faurie O., Soussana J.F., Sinoquet H. (1996.). Radiation interception, partitioning and use in grass clover mixtures. *Annals of Botany*, 77, 35-45.
33. Feedipedia - Animal feed resources information system (2018.). Subclover. <www.feedipedia.org/node/243> Pristupljeno 28. svibnja 2018.
34. FiBL & IFOAM (2018.). The World of Organic Agriculture Statistics and Emerging Trends 2018 (Willer H., Lernoud J., Ur.). Research Institute of Organic Agriculture (FiBL), IFOAM - Organics International, Njemačka.
35. Finn J.A., Kirwan L., Connolly J., Sebastia M.T., Helgadottir A., Baadshaug O.H. i sur. (2013.). Ecosystem function enhanced by combining four functional types of plant species in intensively managed grassland mixtures: a 3-year continental-scale field experiment. *Journal of Applied Ecology*, 50, 365-375.
36. Frame J. (1991.). Herbage production and quality of a range of secondary grass species at five rates of fertilizer nitrogen application. *Grass and Forage Science*, 46, 139-151.
37. Galloway J.N., Townsend A.R., Erisman J.W., Bekunda M., Cai Z., Freney J.R., Martinelli L.A., Seitzinger S.P., Sutton M.A. (2008.). Transformation of the nitrogen cycle: recent trends, questions, and potential solutions. *Science*, 320, 889-892.
38. Gately T.F. (1981.). Evaluation of the role of white clover (cv. Blanca) for milk production. Winter Meeting British Grassland Society, 5.1-5.3.. British Grassland Society, UK.
39. Godfray H.C.J., Beddington J.R., Crute I.R., Haddad L., Lawrence D., Muir J.F., Pretty J., Robinson S., Thomas S.M., Toulmin C. (2010.). Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science*, 327, 812-818.
40. Greenhalgh J.F.D. (1981.). The contribution of legumes to the nutrition of ruminants. Legumes and Fertilizers in Grassland Systems. Winter Meeting, British Grassland Society.
41. Gruber N., Galloway J.N. (2008.). An earth-system perspective of the global nitrogen cycle. *Nature*, 451, 293-296.

42. Guckert A., Hay R.K.M. (2001.). The overwintering, spring growth, and yield in mixed species swards of white clover in Europe. *Annals of Botany*, 88, 667-668.
43. Häring D.A., Scharenberg A., Heckendorn F., Dohme F., Lüscher A., Maurer V., Suter D., Hertzberg H. (2008.). Tanniferous forage plants: agronomic performance, palatability and efficacy against parasitic nematodes in sheep. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 23, 19-29.
44. Häring D.A., Suter D., Amrhein N., Lüscher A. (2007.). Biomass allocation is an important determinant of tannin concentration in growing plants. *Annals of Botany*, 99, 111-120.
45. Harris S.L., Auldist M.J., Clark D.A., Jansen E.B.L. (1998.). Effect of white clover content in the diet on herbage intake, milk production and milk composition of New Zealand dairy cows housed indoors. *Journal of Dairy Research*, 65, 389-400.
46. Hartwig U.A. (1998.). The regulation of symbiotic N₂ fixation: a conceptual model of N feedback from the ecosystem to the gene expression level. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 1, 92-120.
47. Hebeisen T., Lüscher A., Zanetti S., Fischer B.U., Hartwig U.A., Frehner M., Hendrey G.R., Blum H., Nösberger J. (1997.). Growth response of *Trifolium repens* L. and *Lolium perenne* L. as monocultures and bi-species mixture to free air CO₂ enrichment and management. *Global Change Biology*, 3, 149-160.
48. Heckman J.R. (2015.). The role of trees and pastures in organic agriculture. *Sustainable Agriculture Research*, vol. 4, no. 3.
49. Heckman J.R., Weil R., Magdoff F. (2009.). Practical steps to soil fertility for organic agriculture. *Agronomy Monographs* 54 *Organic Farming: The Ecological System*, 139-172.
50. Heichel G.H., Henjum K.I. (1991.). Dinitrogen fixation, nitrogen transfer, and productivity of forage legume-grass communities. *Crop Science*, 31, 202-208.
51. Heins B.J. (2016.). Organic pasture versus conventional dairying - Is there a difference in sustainability? *Journal of Animal Science*, vol. 94., 2.
52. Herridge D.F., Peoples M.B., Boddey R.M. (2008.). Global inputs of biological nitrogen fixation in agricultural systems. *Plant and Soil*, 311, 1-18.
53. Hill J. (1990.). The three C's - competition, coexistence and coevolution - and their impact on the breeding of forage crop mixtures. *Theoretical and Applied Genetics*, 79, 168-176.
54. Hoenselaar R. (2012.). Saturated fat and cardiovascular disease: the discrepancy between the scientific literature and dietary advice. *Nutrition*, 28, 118-123.
55. Hooper D.U., Adair E.C., Cardinale B.J., Byrnes J.E.K., Hungate B.A., Matulich K.L., Gonzalez A., Duffy J.E., Gamfeldt L., O'connor M.I. (2012.). A global synthesis reveals biodiversity loss as a major driver of ecosystem change. *Nature*, 486, 105-108.
56. Hooper D.U., Vitousek P.M. (1997.). The effects of plant composition and diversity on ecosystem processes. *Science*, 277, 1302-1305.

57. Hooper D.U., Vitousek P.M. (1998.). Effects of plant composition and diversity on nutrient cycling. *Ecological Monographs*, 68, 121-149.
58. Hoste H., Jackson F., Athanasiadou S., Thamsborg S.M., Hoskin S.O. (2006.). The effects of tannin-rich plants on parasitic nematodes in ruminants. *Trends in Parasitology*, 22, 253-261.
59. Hrvatska poljoprivredno-šumarska savjetodavna služba (2018.). Dobra poljoprivredna praksa u korištenju gnojiva. <www.savjetodavna.hr/savjeti/13/522/dobra-poljoprivredna-praksa-u-koristenju-gnojiva/> Pristupljeno 18. rujna 2018.
60. Humphreys J., Casey I.A., Laidlaw A.S. (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.
61. INRA (2007.). Feeding of cattle, sheep and goats. Animal needs. Feed value. Tables INRA 2007, Pariz, Francuska.
62. IPCC (2006.). 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, National Greenhouse Gas Inventories Programme (Eggleston H.S., Buendia L., Miwa K., Ngara T., Tanabe K., Ur.). Institute for Global Environmental Strategies (IGES) on behalf of The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), Hayama, Japan.
63. Jacot K.A., Lüscher A., Nösberger J., Hartwig U.A. (2000.a). The relative contribution of symbiotic N₂ fixation and other nitrogen sources to grassland ecosystems along an altitudinal gradient in the Alps. *Plant and Soil*, 225, 201-211.
64. Jacot K.A., Lüscher A., Nösberger J., Hartwig U.A. (2000.b). Symbiotic N₂ fixation of various legume species along an altitudinal gradient in the Swiss Alps. *Soil Biology and Biochemistry*, 32, 1043-1052.
65. Jayanegara A., Leiber F., Kreuzer M. (2012.). Meta-analysis of the relationship between dietary tannin level and methane formation in ruminants from in vivo and in vitro experiments. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 96, 356-375.
66. Jones B.A., Muck R.E., Hatfield R.D. (1995.). Red clover extracts inhibit legume proteolysis. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 67, 329-333.
67. Jones W.T., Mangan J.L. (1977.). Complexes of the condensed tannins of sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) with fraction 1 leaf protein and with submaxillary mycoprotein, and their reversal by polyethylene glycol and pH. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 28, 126-136.
68. Kessler W., Boller B.C., Nösberger J. (1990.). Distinct influence of root and shoot temperature on nitrogen fixation by white clover. *Annals of Botany*, 65, 341-346.
69. Kingston-Smith A.H., Bollard A.L., Shaw R.K., Davies T.E., Theodorou M.K. (2003.). Correlations between protein content and protease activity in forage crops. *Aspects of Applied Biology*, 70, 101-106.

70. Kingston-Smith A.H., Edwards J.E., Huws S.A., Kim E.J., Abberton M. (2010.). Plant-based strategies towards minimising 'livestock's long shadow'. *Proceedings of the Nutrition Society*, 69, 613-620.
71. Kirkby C.A., Kirkegaard J.A., Richardson A.E., Wade L.J., Blanchard C., Batten G. (2011.). Stable soil organic matter: a comparison of CNPS ratios in Australian and other world soils. *Geoderma*, 163, 197-208.
72. Kirwan L., Connolly J., Finn J.A., Brophy C., Lüscher A., Nyfeler D., Sebastia M.T. (2009.). Diversity-interaction modeling: estimating contributions of species identities and interactions to ecosystem function. *Ecology*, 90, 2032-2038.
73. Kirwan L., Lüscher A., Sebastia M.T., Finn J.A., Collin S R.P., Porqueddu C., Helgadottir A. i sur. (2007.). Evenness drives consistent diversity effects in intensive grassland systems across 28 European sites. *Journal of Ecology*, 95, 530-539.
74. Klumpp K., Bloor J.M.G., Ambus P., Soussana J.F. (2011.). Effects of clover density on N₂O emissions and plant-soil N transfers in a fertilized upland pasture. *Plant and Soil*, 343, 97-107.
75. Ledgard S., Schils R., Eriksen J., Luo J. (2009.). Environmental impacts of grazed clover/grass pastures. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 48, 209-226.
76. LegumePlus (2018.). Animal nutrition. <legumeplus.eu/animal-nutrition> Pristupljeno 2. lipnja 2018.
77. Leto J. (2016.). Pravovremenom košnjom i napasivanjem do veće količine mlijeka. *Gospodarski list* 8: 30-32.
78. Loiseau P., Carrère P., Lafarge M., Delpy R., Dublanchet J. (2001.). Effect of soil-N and urine-N on nitrate leaching under pure grass, pure clover and mixed grass/clover pastures. *European Journal of Agronomy*, 14, 113-121.
79. Loreau M., Naeem S., Inchausti P., Bengtsson J., Grime J.P., Hector A., Hooper D.U., Huston M.A., Raffaelli D., Schmid B., Tilman D., Wardle D.A. (2001.). Biodiversity and ecosystem functioning: current knowledge and future challenges. *Science*, 294, 804-808.
80. Lüscher A., Connolly J., Jacquard P. (1992.). Neighbour specificity between *Lolium perenne* and *Trifolium repens* from a natural pasture. *Oecologia*, 91, 404-409.
81. Lüscher A., Daepp M., Blum H., Hartwig U.A., Nösberger J. (2004.). Fertile temperate grassland under elevated atmospheric CO₂ - role of feed-back mechanisms and availability of growth resources. *European Journal of Agronomy*, 21, 379-398.
82. Lüscher A., Finn J.A., Connolly J., Sebastia M.T., Collins R., Fothergill M., Porqueddu C., Brophy C., Huguenin-Elie O., Kirwan L., Nyfeler D., Helgadottir A. (2008.). Benefits of sward diversity for agricultural grasslands. *Biodiversity*, 9, 29-32.
83. Lüscher A., Fuhrer J., Newton P.C.D. (2005.). Global atmospheric change and its effect on managed grassland systems. U: *Grassland: a global resource* (McGilloway D.A., Ur.), Wageningen Academic Publishers, Wageningen, 251-264.

84. Lüscher A., Hartwig U.A., Suter D., Nösberger J. (2000.). Direct evidence that symbiotic N₂ fixation in fertile grassland is an important trait for a strong response of plants to elevated atmospheric CO₂. *Global Change Biology*, 6, 655-662.
85. Lüscher A., Hendrey G.R., Nösberger J. (1998.). Long-term responsiveness to free air CO₂ enrichment of functional types, species and genotypes of plants from fertile permanent grassland. *Oecologia*, 113, 37-45.
86. Lüscher A., Jacquard P. (1991.). Coevolution between interspecific plant competitors? *Trends in Ecology and Evolution*, 6, 355-358.
87. Lüscher A., Mueller-Harvey I., Soussana J.F., Rees R.M., Peyraud J.L. (2014.). Potential of legume-based grassland-livestock systems in Europe: a review. *Grass and Forage Science* 69: 206-228.
88. Lüscher A., Soussana J.F., Huguenin-Elie O. (2011.). Role and impacts of legumes in grasslands for high productivity and N gain from symbiotic N₂ fixation. U: *Grassland productivity and ecosystem services* (Lemaire G., Hodgson J., Chabbi A., Ur.). CAB International, Wallingford, UK, 101-107.
89. Martínez-Ortíz-De-Montellano C., Arroyo-Lopez C., Fourquaux I., Torres-Acosta J.F.J., Sandoval-Castro C.A., Hoste H. (2013.). Scanning electron microscopy of *Haemonchus contortus* exposed to tannin-rich plants under in vivo and in vitro conditions. *Experimental Parasitology*, 133, 281-286.
90. McCaughey W.P., Wittenberg K., Corrigan D. (1999.). Impact of pasture type on methane production by lactating beef cows. *Canadian Journal of Animal Science*, 79, 221-226.
91. McMahon L.R., McAllister T.A., Berg B.P., Majak W., Acharya S.N., Popp J.D., Coulman B.E., Wang Y., Cheng K.J. (2000.). A review of the effect of forage condensed tannins on ruminal fermentation and bloat in grazing cattle. *Canadian Journal of Plant Science*, 80, 469-485.
92. Miller L.A., Moorby J.M., Davies D.R., Humphreys M.O., Scollan N.D., Macrae J.C., Theodorou M.K. (2001.). Increased concentration of water-soluble carbohydrate in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.): milk production from late-lactation dairy cows. *Grass and Forage Science*, 56, 383-394.
93. Min B.R., Barry T.N., Attwood G.T., McNabb W.C. (2003.). The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forages: a review. *Animal Feed Science and Technology*, 106, 3-19.
94. Ministarstvo poljoprivrede (2017.). Ekološka poljoprivreda. <www.mps.hr/hr/poljoprivreda-i-ruralni-razvoj/poljoprivreda/ekoloska> Pristupljeno 20. svibnja 2018.
95. Mitchell K.J. (1956.). Growth of pasture species under controlled environment. I. Growth at various levels of constant temperature. *New Zealand Journal of Science and Technology*, 38A, 203-216.

96. Molento M.B. (2009.). Parasite control in the age of drug resistance and changing agricultural practices. *Veterinary Parasitology*, 163, 229-234.
97. Morin C., Belanger G., Tremblay G.F., Bertrand A., Castonguay Y., Drapeau R., Michaud R., Berthiaume R., Allard G. (2011.). Diurnal variations of nonstructural carbohydrates and nutritive value in alfalfa. *Crop Science*, 51, 1297-1306.
98. Mortensen M.C., Schuman G.E., Ingram L.J. (2004.). Carbon sequestration in rangelands interseeded with yellow-flowering alfalfa (*Medicago sativa* ssp. *falcata*). *Environmental Management*, 33, 475-481.
99. Mouriño F., Albrecht K.A., Schaefer D.M., Berzaghi P. (2003.). Steer performance on kura clover-grass and red clover-grass mixed pastures. *Agronomy Journal* 95, 652-659.
100. Mueller-Harvey I. (2006.). Unravelling the conundrum of tannins in animal nutrition and health. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 86, 2010-2037.
101. NN 1/2013. Pravilnik o ekološkoj proizvodnji bilja i životinja. <narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2013_01_1_31.html> Pristupljeno 10. svibnja 2018.
102. Nelson C.J., Moser L.E. (1994.). Plant factors affecting forage quality. U: *Forage Quality Evaluation and Utilisation* (Fahey, Jr., Mertens, G.C., Moser, L.E., Ur.). American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, Madison, WI. 115-154.
103. Nesheim L., Boller B.C. (1991.). Nitrogen fixation by white clover when competing with grasses at moderately low temperatures. *Plant and Soil*, 133, 47-56.
104. Niderkorn V., Mueller-Harvey I., Le Morvan A., Aufrère J. (2012.). Synergistic effects of mixing cocksfoot and sainfoin on in vitro rumen fermentation. Role of condensed tannins. *Animal Feed Science and Technology*, 178, 48-56.
105. Novobilsky A., Mueller-Harvey I., Thamsborg S.M. (2011.). Condensed tannins act against cattle nematodes. *Veterinary Parasitology*, 182, 213-220.
106. Nyfeler D. (2009.). Productivity and nitrogen utilization in productive agricultural grassland: effects of species combinations, species proportions and nitrogen fertilization. Doktorska disertacija, ETH Zurich, br. 18219.
107. Nyfeler 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.
108. Nyfeler D., Huguenin-Elie O., Suter M., Frossard E., Lüscher A. (2011.). Grass-legume mixtures can yield more nitrogen than legume pure stands due to mutual stimulation of nitrogen uptake from symbiotic and non-symbiotic sources. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 140, 155-163.

109. Oberson A., Frossard E., Bühlmann C., Mayer J., Mäder P., Lüscher A. (2013.). Nitrogen fixation and transfer in grass-clover leys under organic and conventional cropping systems. *Plant and Soil*, 371, 237-255.
110. Oelmann Y., Buchmann N., Gleixner G., Habekost M., Roscher C., Rosenkranz S. i sur. (2011.). Plant diversity effects on aboveground and belowground N pools in temperate grassland ecosystems: Development in the first 5 years after establishment. *Global Biogeochemical Cycles*, 25.
111. Orr R.J., Parsons A.J., Penning P.D., Treacher T.T. (1990.). Sward composition, animal performance and the potential production of grass/white clover swards continuously stocked with sheep. *Grass and Forage Science*, 45, 325-336.
112. Palmborg C., Scherer-Lorenzen M., Jumpponen A., Carlsson G., Huss-Danell K., Högborg P. (2005.). Inorganic soil nitrogen under grassland plant communities of different species composition and diversity. *Oikos*, 110, 271-282.
113. Pečurlija, G., Knežević, M., Leto, J., Vranić, M., Bošnjak, K. (2005.). Variranje kemijskog sastava travno-djetelinskih smjesa tijekom vegetacijske sezone u različitim agroekološkim uvjetima. *Mljekarstvo* 55 (4), 309-322.
114. Pelletier S., Tremblay G.F., Bélanger G., Bertrand A., Castonguay Y., Pageau D., Drapeau R. (2010.). Forage nonstructural carbohydrates and nutritive value as affected by time of cutting and species. *Agronomy Journal*, 102, 1388-1398.
115. Peyraud J.L. (1993.). Comparison of the digestion of white clover and pasture grasses in dairy cows. *Fourrages*, 135, 465-473.
116. Peyraud J.L., Delaby L., Dourmad J.Y., Faverdin P., Morvan T., Vertes F. (2012.). Mixed crop-livestock farming systems to use nitrogen more efficiently. *Innovations Agronomiques*, 22, 45-69.
117. Peyraud J.L., 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.
118. Pflimlin A., Arnaud J.D., Gautier D., Le Gall A. (2003.). Forage legumes, a means to reconcile protein self-sufficiency and preservation of the environment. *Fourrages*, 174, 183-203.
119. Phillips C.J.C., James N.L. (1998.). The effects of including white clover in perennial ryegrass pastures and the height of mixed swards on the milk production, pasture selection and ingestive behaviour of dairy cows. *Animal Science*, 67, 195-202.
120. Piluzza G., Sullas L., Bullitta A. (2014.). Tannins in forage plants and their role in animal husbandry and environmental sustainability: a review. *Grass and Forage Science*, 69, 32-48.
121. Pirhofer-Walz L K., Rasmussen J., Høgh-Jensen H., Eriksen J., Søgaard K., Rasmussen J. (2012.). Nitrogen transfer from forage legumes to nine neighbouring plants in a multi-species grassland. *Plant and Soil*, 350, 71-84.

122. Provenza F.D., Villalba J.J. (2010.). The role of natural plant products in modulating the immune system: an adaptable approach for combating disease in grazing animals. *Small Ruminant Research*, 89, 131-139.
123. Rasmussen J., Sørensen K., Pirhofer-Walzl K., Eriksen J. (2012.). N₂-fixation and residual N effect of four legume species and four companion grass species. *European Journal of Agronomy*, 36, 66-74.
124. Rheaume-Bleue K. (2012.). *Vitamin K2 and the calcium paradox*. New York, HarperCollins.
125. Ribeiro-Filho H.M.N., Delagarde R., Peyraud J.L. (2003.). Inclusion of white clover in strip-grazed perennial ryegrass swards: herbage intake and milk yield of dairy cows at different ages of sward regrowth. *Animal Science*, 77, 499-510.
126. Ribeiro-Filho H.M.N., Delagarde R., Peyraud J.L. (2005.). Herbage intake and milk yield of dairy cows grazing perennial ryegrass swards or white-clover/ perennial rye grass swards at low- and medium-herbage allowances. *Animal Feed Science and Technology*, 119, 13-27.
127. Rochon J.J., Doyle C.J., Greef J.M., Hopkins A., Molle G., Sitzia M., Scholefield D., Smith C.J. (2004.). Grazing legumes in Europe: a review of their status, management, benefits, research needs and future prospects. *Grass and Forage Science*, 59, 197-214.
128. Roscher C., Thein S., Weigelt A., Temperton V.M., Buchmann N., Schulze E.D. (2011.). N₂ fixation and performance of 12 legume species in a 6-year grassland biodiversity experiment. *Plant and Soil*, 341, 333-348.
129. Russelle M.P., Lamb J.F.S., Montgomery B.R., Elsenheimer D.W., Miller B.S., Vance C.P. (2001.). Alfalfa rapidly remediates excess inorganic nitrogen at a fertilizer spill site. *Journal of Environmental Quality*, 30, 30-36.
130. Ruz-Jerez B.E., White R.E., Ball P.R. (1994.). Long-term measurement of denitrification in three contrasting pastures grazed by sheep. *Soil Biology and Biochemistry*, 26, 29-39.
131. Saratsis A., Regos I., Tzanidakis N., Voutzourakis N., Stefanakis A., Treuter D., Joachim A., Sotiraki S. (2012.). In vivo and in vitro efficacy of sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) against *Eimeria* spp. in lambs. *Veterinary Parasitology*, 188, 1-9.
132. Scherer-Lorenzen M., Palmberg C., Prinz A., Schulze E.D. (2003.). The role of plant diversity and composition for nitrate leaching in grasslands. *Ecology*, 84, 1539-1552.
133. Schils R.L.M., Verhagen A., Aarts H.F.M., Šebek L.B.J. (2005.). A farm level approach to define successful mitigation strategies for GHG emissions from ruminant livestock systems. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 71, 163-175.
134. Schmid B., Hector A., Saha P., Loreau M. (2008.). Biodiversity effects and transgressive overyielding. *Journal of Plant Ecology*, 1, 95-102.
135. Schulze E., Luyssaert S., Ciais P., Freibauer A., Janssens I.A., Soussana J.F. i sur. (2009.). Importance of methane and nitrous oxide for Europe's terrestrial greenhouse-gas balance. *Nature Geoscience*, 2, 842-850.

136. Schwank O., Blum H., Nösberger J. (1986.). The influence of irradiance distribution on the growth of white clover (*Trifolium repens* L.) in differently managed canopies of permanent grassland. *Annals of Botany*, 57, 273-281.
137. Sergeeva A.G. (1955.). The effect of lucerne and sainfoin on the water-stable structure of soils under irrigation. *Pochvovedenie*, 12, 35-42.
138. Sölter U., Hopkins A., Sitzia M., Goby J.P., Greef J.M. (2007.). Seasonal changes in herbage mass and nutritive value of a range of grazed legume swards under Mediterranean and cool temperate conditions. *Grass and Forage Science*, 62, 372-388.
139. Soussana J.F., Hartwig U.A. (1996.). The effects of elevated CO₂ on symbiotic N₂ fixation: a link between the carbon and nitrogen cycles in grassland ecosystems. *Plant and Soil*, 187, 321-332.
140. Soussana J.F., Tallec T., Blanfort V. (2010.). Mitigating the greenhouse gas balance of ruminant production systems through carbon sequestration in grasslands. *Animal*, 4, 334-350.
141. Spehn E.M., Scherer-Lorenzen M., Schmid B., Hector A., Caldeira M.C. i sur. (2002.). The role of legumes as a component of biodiversity in a cross-European study of grassland biomass nitrogen. *Oikos*, 98, 205-218.
142. Speijers M.H.M., Fraser M.D., Theobald V.J., Haresign W. (2004.). The effects of grazing forage legumes on the performance of finishing lambs. *The Journal of Agricultural Science*, 142, 483-493.
143. Steg A., Van Straalen W.M., Hindle V.A., Wensink W.A., Dooper F.M.H., Schils R.L.M. (1994.). Rumen degradation and intestinal digestion of grass and clover at two maturity levels during the season in dairy cows. *Grass and Forage Science*, 49, 378-390.
144. Stringano E., Hayot Carbonero C., Smith L.M.J., Brown R.H., Mueller-Harvey I. (2012.). Proanthocyanidin diversity in the EU 'HealthyHay' sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) germplasm collection. *Phytochemistry*, 77, 197-208.
145. Sturludottir E., Brophy C., Bélanger G., Gustavsson A.M., Jørgensen M., Lunnan T., Helgadottir A. (2013.). Benefits of mixing grasses and legumes for herbage yield and nutritive value in Northern Europe and Canada. *Grass and Forage Science*.
146. Sullas L., Piluzza G., Rochon J.J., Goby J.P., Greef J.M., Sölter U., Headon D., Scholefield D. (2012.). Assessing the potential of leaching from beneath grazed leguminous swards at four European sites. *Grass and Forage Science*, 67, 320-336.
147. Suter D., Briner H.U., Lüscher A. (2007.). Effect of *Lolium perenne* L. variety on the botanical composition of grass-clover mixtures. *Grassland Science in Europe*, 12, 417-420.
148. Suter D., Huguenin-Elie O., Nyfeler D., Lüscher A. (2010.). Agronomically improved grasslegume mixtures: higher dry matter yields and more persistent legume proportions. *Grassland Science in Europe*, 15, 761-763.
149. Suter D., Rosenberg E., Mosimann E., Frick R. (2012.). Standard mixtures for forage production: revision 2013–2016. *Agrarforschung Schweiz*, 3, 1-12.

150. Tallec T., Diquelou S., Avice J.C., Lesuffleur F., Lemauiel-Lavenant S., Cliquet J.B., Ourry A. (2009.). Availability of N and S affect nutrient acquisition efficiencies differently by *Trifolium repens* and *Lolium perenne* when grown in monoculture or in mixture. *Environmental and Experimental Botany*, 66, 309-316.
151. Temperton V.M., Mwangi P.N., 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.
152. Thomas R.J. (1992.). The role of the legume in the nitrogen cycle of productive and sustainable pastures. *Grass and Forage Science*, 47, 133-142.
153. Thornton P.K. (2010.). Livestock production: recent trends, future prospects. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365, 2853-2867.
154. Tibe O., Pernthaner A., Sutherland I., Lesperance L., Harding D.R.K. (2012.). Condensed tannins from Botswanan forage plants are effective priming agents of cd T cells in ruminants. *Veterinary Immunology and Immunopathology*, 146, 237-244.
155. Trenbath B.R. (1974.). Biomass productivity of mixtures. *Advances in Agronomy*, 26, 177-210.
156. Ulyatt M.J. (1970.). Evaluation of pasture quality under New Zealand conditions. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*, 32, 61-68.
157. Undersander D., McCalsin M., Shaeffer C., Whalen D., Miller D., Putnam D., Orloff S. (2009.). Low lignin alfalfa: Redefining the yield/quality tradeoff. alfalfa.ucdavis.edu/+symposium/2009/ Pristupljeno 2. lipnja 2018.
158. Van Dorland H.A., Wettstein H.R., Leuenberger H., Kreuzer M. (2007.). Effect of supplementation of fresh and ensiled clovers to ryegrass on nitrogen loss and methane emissions in dairy cows. *Livestock Science*, 111, 57-69.
159. Vertes F., Simon J.C., Le Corre L., Decau M.L. (1997.). Nitrogen flows in grazed pastures. II. Study of flows and their effects on leaching. *Fourrages*, 151, 263-280.
160. Vörösmarty C.J., McIntyre P.B., Gessner M.O., Dudgeon D., Prusevich A., Green P., Glidden S., Bunn S.E., Sullivan C.A., Reidy Liermann C., Davies P.M. (2010.). Global threats to human water security and river biodiversity. *Nature*, 467, 555-561.
161. Waghorn G.C. (2008.). Beneficial and detrimental effects of dietary condensed tannins for sustainable sheep and goat production - progress and challenges. *Animal Feed Science and Technology*, 147, 116-139.
162. Waghorn G.C., Douglas G.B., Niezen J.H., McNabb W.C., Foote A.G. (1998.). Forages with condensed tannins - their management and nutritive value for ruminants. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*, 60, 89-98.
163. Waghorn G.C., Hegarty R.S. (2011.). Lowering ruminant methane emissions through improved feed conversion efficiency. *Animal Feed Science and Technology*, 166-167, 291-301.

164. Waghorn G.C., Shelton I.D., Thomas V.J. (1989.). Particle breakdown and rumen digestion of fresh ryegrass (*Lolium perenne* L.) and lucerne (*Medicago sativa* L.) fed to cows during a restricted feeding period. *British Journal of Nutrition*, 61, 409-423.
165. Waghorn G.C., Woodward S.L., Tavendale M., Clark D.A. (2006.). Inconsistencies in rumen methane production - effects of forage composition and animal genotype. *International Congress Series*, 1293, 115-118.
166. Wang Y., Barbieri L.R., Berg B.P., McAllister T.A. (2007.). Effects of mixing sainfoin with alfalfa on ensiling, ruminal fermentation and total tract digestion of silage. *Animal Feed Science and Technology*, 135, 296-314.
167. Wang Y., Majak W., McAllister T.A. (2012.). Frothy bloat in ruminants: cause, occurrence, and mitigation strategies. *Animal Feed Science and Technology*, 172, 103-114.
168. Weightman R.M., Cottrill B.R., Wiltshire J.J.J., Kindred D.R., Sylvester-Bradley R. (2011.). Opportunities for avoidance of land-use change through substitution of soya bean meal and cereals in European livestock diets with bioethanol coproducts. *Global Change Biology Bioenergy*, 3, 158-170.
169. Weiss P., Raymond F. (1993.). Red clover silage for fattening young meat bulls. *Fourrages*, 134, 283-286.
170. Wilkins R.J., Gibb M.J., Huckle C.A., Clements A.J. (1994.). Effect of supplementation on production by spring-calving dairy cows grazing swards of differing clover content. *Grass and Forage Science*, 49, 465-475.
171. Woledge J. (1988.). Competition between grass and clover in spring as affected by nitrogen fertiliser. *Annals of Applied Biology*, 112, 175-186.
172. Woodward S.L., Waghorn G.C., Laboyrie P.G. (2004.). Condensed tannins in birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus*) reduce methane emissions from dairy cows. *Proceedings of New Zealand Society of Animal Production*, 64, 160-164.
173. Woodward S.L., Waghorn G.C., Lassey K.R., Laboyrie P.G. (2002.). Does feeding sulla (*Hedysarum coronarium*) reduce methane emissions from dairy cows? *Proceedings of New Zealand Society of Animal Production*, 62, 227-230.
174. Woodward S.L., Waghorn G.C., Watkins K.A., Bryant M.A. (2009.). Feeding birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus*) reduces the environmental impacts of dairy farming. *Proceeding of the New Zealand Society of Animal Production*, 69, 179-183.
175. Zanetti S., Hartwig U.A., Van Kessel C., Lüscher A., Hebeisen T., Frehner M., Fischer B.U., Hendrey G.R., Blum H. and Nösberger J. (1997.). Does nitrogen nutrition restrict the CO₂ response of fertile grassland lacking legumes? *Oecologia*, 112, 17-25.

Životopis

Marin Jusup rođen je 28. 09. 1993. u Sisku. Pohađao je opću gimnaziju u Petrinji od 2008. do 2012. godine. 2012. je upisao Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu i 2015. postao prvostupnik Agroekologije. 2015. je upisao diplomski studij Ekološke poljoprivrede i agroturizma. Dobro se služi engleskim jezikom u pisanju, čitanju, govoru i razumijevanju te ima osnovno znanje njemačkog jezika. Dobro poznaje rad na računalu te u programskom paketu Microsoft Office.