

Influence of intercropping sweet sorghum with climbing bean on forage yield and quality

Utjecaj konsocijacije krmnog sirka sa visokim grahom na prinos i kakvoću krme

Darko UHER¹ (✉), Zlatko SVEČNJAK¹, Dubravko MAČEŠIĆ¹, Ivan HORVATIĆ², Dario JAREŠ³

¹ University of Zagreb, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Forage and Grassland, Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Croatia

² Božjakovina d.o.o., Božjakovečka 6, 10370 Dugo Selo, Croatia

³ Bc Institute for Plant Breeding and Production d.d. Zagreb, Dugoselska 7, 10370 Dugo Selo, Croatia

✉ Corresponding author: duher@agr.hr

Received: August 9, 2023; accepted: February 25, 2024

ABSTRACT

Sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L.) is an important silage crop and has an increasing popularity because of the need for relatively smaller quantities of water per unit dry matter production compared to maize. Regarding to high feed costs of protein supplementations, legumes can be used in livestock nutrition for their high protein content and, thus, providing cost savings. Since legumes have low dry matter yield, acceptable forage yield and quality can be obtained from intercropping cereals and legumes, compared to their sole crops. In this study, sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L.) and climbing bean (*Phaseolus vulgaris* L.) intercropped in different sowing densities and pure sweet sorghum crops were evaluated to the best intercropping system with respect to yield and quality of fodder. Sweet sorghum was sown alone (18.0 seeds/m²) and intercropped with climbing bean as follows: 18.0 seeds/m² of sweet sorghum and 3.7 seeds/m² of climbing bean, 18.0 seeds/m² of sweet sorghum and 5.0 seeds/m² of climbing bean and 18.0 seeds/m² of sweet sorghum and 7.5 seeds/m² of climbing bean. The highest dry matter yield was produced by 18.0 plants/m² of sweet sorghum and 7.5 plants/m² of climbing bean (20.7 t/ha), and the lowest by solo sweet sorghum (18.2 t/ha). Intercropping of sweet sorghum with climbing bean reduced neutral detergent fiber content, which in turn, results in increased forage digestibility. Based on forage yield and quality, this study showed that among all intercropped forages, of 18.0 plants/m² of sweet sorghum and 7.5 plants/m² of climbing bean treatment were better performing than other intercrops.

Keywords: sweet sorghum, bean, yield, crude protein, calcium

SAŽETAK

Krmni sirak (*Sorghum bicolor* L.) je važna silažna kultura i sve je popularniji zbog manje količine vode koja je potrebna za proizvodnju suhe tvari u odnosu na kukuruz. S obzirom na visoku tržišnu cijenu proteinskih dodataka, mahunarke se mogu koristiti u hranidbi stoke zbog visokog udjela bjelancevine, te prema tome doprinose smanjenju troškova u proizvodnji. Budući da mahunarke imaju nizak prinos suhe tvari, prihvatljivi prinosi krme i kvaliteta mogu se dobiti uzgojem žitarica i mahunarki u konsocijaciji u usporedbi sa pojedinačnim usjevima. U ovome istraživanju, krmni sirak (*Sorghum bicolor* L.) i visoki grah (*Phaseolus vulgaris* L.) su posijani u različitim gustoćama sjetve te je istraživano koji bi sustav konsocijacije najviše utjecao na prinos i kakvoću voluminozne krme. Posijan je čisti usjev krmnog sirka (18,0 zrna/m²) i usjev krmnog sirka u konsocijaciji sa visokim grahom: 18,0 zrna/m² krmnog sirka i 3,7 zrna/m² visokog graha, 18,0 zrna/m² krmnog sirka i 5,0 zrna/m² visokog graha te 18,0 zrna/m² krmnog sirka i 7,5 zrna/m² visokog graha. Najveći prinos suhe tvari je utvrđen sa 18,0 biljaka/m² krmnog sirka i 7,5 biljaka/m² visokog graha (20,7 t/ha), a najmanji prinos kod čistog usjeva krmnog

sirka (18,2 t/ha). Konsocijacija krmnog sirka sa visokim grahom smanjila je udio neutralnih deterdžent vlakna, što je rezultiralo povećanjem probavljivosti voluminozne krme. Na temelju prinosa i kvalitete krme, ovo istraživanje je pokazalo da je konsocijacija sa 18,0 biljaka/m² krmnog sirka i 7,5 biljaka/m² visokog graha bila bolja od ostalih konsocijacija.

Ključne riječi: krmni sirak, grah, prinos, sirovi protein, calcium

DETAILED ABSTRACT

Cereals are highly important in feeding ruminant animals for their high dry matter production and low cost. Sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L.) is an important silage crop and has an increasing popularity because of the need for relatively smaller quantities of water per unit of dry matter production compared to maize. Regarding to high feed costs of protein supplementations, legumes can be used in livestock nutrition for their high protein content and, thus, providing cost savings. Since legumes have low dry matter yield, acceptable forage yield and quality can be obtained from intercropping cereals and legumes, compared to their sole crops. Intercropping is considered a suitable management strategy for small farmers to increase the diversity of their products and the stability of their annual output through the effective use of land and other resources. The main purpose of intercropping is to minimize the risk of crop failure and reduce income risks due to unstable market prices for a given commodity. Much research has dealt with the improvement of forage quality through intercropping by investigating the effects of different proportions of leguminous plants. Legume-maize mixtures can be used as a local, protein-rich forage, while also having a positive ecological impact by increasing the soil fertility due to the N fixation by Rhizobia in symbiosis with legumes. The rooting systems of sweet sorghum and beans are also compatible because they utilize the nutrients of different soil depths. Cereals intercropping with legumes result in increased resource capture by component crops and improve soil microbial activity along with improved conversion resource efficiency that drives higher biomass production. Legumes contain more than twice the crude protein than forage sorghum, therefore, sorghum-legume intercropping has the potential to increase the biomass yield and quality of forage per area, compared to sole sweet sorghum. A field experiment was carried out during the 2018 and 2019 growing seasons at experimental the field in Oborovo (45°40'54"N, 16°15'12.5"E), Croatia. In this study, sweet sorghum (*Sorghum bicolor* L.) and climbing bean (*Phaseolus vulgaris* L.) intercropped in different sowing densities and pure sweet sorghum crops were evaluated to the best intercropping system, with respect to yield and quality of fodder. Sweet sorghum was sown alone (18.0 seeds/m²) and intercropped with climbing bean as follows: 18.0 seeds/m² of sweet sorghum and 3.7 seeds/m² of climbing bean, 18.0 seeds/m² of sweet sorghum and 5.0 seeds/m² of climbing bean and 18.0 seeds/m² of sweet sorghum and 7.5 seeds/m² of climbing bean. The highest dry matter yield was produced by 18.0 plants/m² of sweet sorghum and 7.5 plants/m² of climbing bean (20.7 t/ha), and the lowest by solo sweet sorghum (18.2 t/ha). Intercropping of sweet sorghum with climbing bean reduced neutral detergent fiber content, which in turn, results in increased forage digestibility. Based on forage yield and quality, this study showed that among all intercropped forages, 18.0 plants/m² of sweet sorghum and 7.5 plants/m² of climbing bean treatment were better performing than other intercrops.

UVOD

Uzgoj međusjeka je uzgoj dva ili više usjeva istovremeno na istoj parceli tijekom istog vremenskog razdoblja (Guleria i Kumar, 2016). Uzgoj međusjeka pomaže u izbjegavanju oslanjanja na jedan usjev i rezultira različitim proizvodima različite namjene kao što su stočna hrana, ulje i proteinski dodaci (Iqbal i sur., 2018a). Druga ključna prednost povezana sa međusjevima je povećanje produktivnosti po jedinici površine i učinkovito korištenje poljoprivrednih resursa (Mucheru-Muna i sur., 2010). Međusjevi mogu pozitivno utjecati na održivost poljoprivredne proizvodnje suzbijanjem korova, insekata, bolesti (Egbe, 2005) te smanjenje gubitka vode, erozije tla i ispiranja hranjivih tvari i dušika (Ouma i Jeruto, 2010). Usjevi žitarica sa mahunarkama poboljšavaju mikrobnu aktivnost tla i povećavaju učinkovitost resursa koja dovodi do veće proizvodnje biomase (Alvey i sur., 2003). Osim toga, plodnost tla se poboljšava kada se mahunarke uzgajaju zajedno sa žitaricama (Iqbal i sur., 2018b).

Žitarice su važna komponenta u hranidbi životinja zbog visokih prinosa suhe tvari po jedinici površine (ha). Međutim, krma od žitarica je često nedostatna ili neodovoljna u pogledu nutritivne vrijednosti zbog niskog udjela bjelančevina u suhoj tvari (Eskandari i sur., 2009). Mahunarke su dobar izvor bjelančevina (Ayan i sur., 2012). Dakle, nedostatak bjelančevina kod žitarica može se nadoknaditi uzgojem u smjesi sa mahunarkama (Gebrehiwot i sur., 1996) te se tako mogu postići zadovoljavajući prinosi suhe tvari i kvaliteta krme.

Sirak je višenamjenska biljna vrsta koja osigurava sirovinsku bazu za proizvodnju šećera, alkohola, sirupa, goriva i papira, te se koristi i za hranidbu životinja u obliku sijena, sjenaže i silaže (Dogget, 1988; Cothren i sur., 2000; Habyarimana i sur., 2004). Krmni sirak (*Sorghum bicolor* L.) je važna silažna kultura i sve je popularniji zbog manje količine vode koja je potrebna za proizvodnju suhe tvari u odnosu na kukuruz (Bean i sur., 2013). Krmni sirak u proizvodnji je u rangu sa kukuruzom, u smislu kvalitete voluminozne krme i njezine komercijalne vrijednosti, iako

postoji značajna razlika povezana prema načinu upotrebe. Krmni sirak (*Sorghum bicolor* L.) se može konzumirati u različitim oblicima, kao silaža, sjenaža, sušena krma (sijeno) te izravna ispaša od strane stoke, a kukuruz se obično konzumira u siliranom obliku kao silaža (Galyun i sur., 2019). Također, mogućnost korištenja usjeva u više otkosa čini krmni sirak prikladnijom kulturom u ekonomskom smislu u usporedbi sa kukuruzom (Carlsoni i sur., 2019). Voluminozna krma krmnog sirka je slabe krmne kvalitete zbog niskog udjela bjelančevina u suhoj tvari (Azraf i sur., 2007).

Mahunarke imaju dvostruko veći udio sirovih bjelančevina u suhoj tvari u odnosu na krmni sirak, dakle, međusjevi krmnog siraka i mahunarki imaju potencijal za povećanje biomase i kvalitete voluminozne krme po jedinici površine u usporedbi sa krmnim sirkom (Eskandari i sur., 2009). Krmni sirak se može uzgajati u međusjevima sa krmnim mahunarkama kao što su grahorica, grah i soja koji su potpuno kompatibilni sa krmnim sirkom u smislu vremena sjetve i navodnjavanja (Iqbal i sur., 2015).

Grah (*Phaseolus vulgaris* L.) je uobičajena krupnozrna mahunarka koja se zbog jestivih mahuna i zrna uzgaja u cijelom svijetu. Grah je brzorastuća mahunarka u toploj sezoni, a zbog svoje prilagodljivosti može rasti u različitim uvjetima okoline. Puno je ekotipova i kultivara graha koji se uzgajaju u svim regijama svijeta, a odabir kultivara visokog prinosa biomase, mahuna i zrna, otpornog na bolesti najvažniji je čimbenik za uspješan uzgoj graha. Osim toga, grah služi kao adekvatan i siguran izvor bjelančevina. Nadalje, grah se može sijati sam ili zajedno sa usjevima kao što su kukuruz i krmni sirak. Posebice je značajno da je grah sposoban zadovoljiti više od 60% ukupnog dušika (N) putem biološke fiksacije dušika (Tsai i sur., 1993; Moreira i sur., 2017). Cilj ovog istraživanja bio je utvrditi utjecaj gustoće sjetve visokog graha u konsocijaciji sa krmnim sirkom na ukupni prinos suhe tvari te kakvoću voluminozne krme u odnosu na čisti usjev krmnog sirka.

MATERIAL I METODE

Poljski pokusi provedeni su tijekom vegetacijske sezone 2018. i 2019. godine na pokusnom polju u Oborovu (45°40'54"N, 16°15'12.5"E). U tablici 1 i 2 prikazani su meteorološki podaci za postaju Oborovo, svojstva tla, prethodni usjevi, upotreba gnojiva te datumi sjetve usjeva. Meteorološki podaci za postaju Oborovo prikazani su u tablici 1. U vegetacijskoj sezoni 2018. godine utvrđeni su povoljniji uvjeti (srednja mjesečna temperatura zraka i količina oborina) na rast krmnog sirka i visokog graha u odnosu na vegetacijsku sezonu u 2019. godini što se odrazilo na povećanje prinosa suhe tvari krmnog sirka i konsocijacije krmnog sirka sa visokim grahom.

Obrada tla obavljena je oranjem na 30 cm dubine u jesen 2017. i 2018. godine. Predsjetvena priprema tla obavljena je sjetvospremačem u proljeće 2018., i 2019. Sjeme krmnog sirka hibrida „KWS Zerberus” nabavljeno je od sjemenske kuće „KWS”, a sjeme graha sorte „Goldmarie” nabavljeno je od sjemenske kuće „Green Garden”. Kako bi se analizirao utjecaj visokog graha u konsocijaciji sa krmnim sirkom na ukupni prinos suhe tvari, visoki grah je bio posijan u različitim gustoćama sjetve. Kao kontrola, krmni sirak je posijan u gustoći 18,0 zrna/m² (SS). U konsocijaciji, krmni sirak je bio posijan u gustoći sjetve od 18,0 zrna/m², a visoki grah u tri gustoće sjetve (3,7, 5,0 i 7,5 zrna/m²). Tretmani pokusa su bili

slijedeći: SS – krmni sirak (18,0 biljaka/m²), S+G₁ – krmni sirak (18,0 biljaka/m²) + visoki grah (3,7 biljaka/m²), S+G₂ – krmni sirak (18,0 biljaka/m²) + visoki grah (5,0 biljaka/m²) i S+G₃ – krmni sirak (18,0 biljaka/m²) + visoki grah (7,5 biljaka/m²).

Sjetva krmnog sirka i visokog graha obavljena je u dva koraka zbog različite mase tisuću zrna krmnog sirka i visokog graha odnosno prvo je posijan krmni sirak, a zatim po istim redovima posijan je i visoki grah. Svi usjevi u pokusu su posijani u većoj gustoći, a zatim nakon nicanja su prorijeđeni na predviđenu gustoću sjetve. Krmni sirak i visoki grah posijani su početkom svibnja u 2018. i 2019. godini istraživanja (Tablica 2). Razmak redova za krmni sirak i visoki grah bio je 0,70 m, a dubina sjetve iznosila je 0,04–0,06 m. Veličina pojedinačne parcele bila je 10 m dužine × 2,8 m širine za svaki tretman pokusa. Pokus je postavljen kao slučajni blokni raspored s četiri tretmana i četiri repeticije.

Kemijsko suzbijanje korova obavljeno je u fazi prije nicanja usjeva krmnog sirka i visokog graha herbicidom Dual Gold 960 EC (aktivna tvar 960 g/l S-metolachlor) u količini 1 l/ha, a nakon nicanja usjeva sa herbicidom Basagran 480 (aktivna tvar 480 g/l bentazon) u količini 2 l/ha. Usjevi su ručno požnjeveni kada je krmni sirak dostigao fenološki stadij prema BBCH skali (83), a visoki grah kada je dostigao fenološki stadij prema BBCH skali (76).

Table 1. Mean monthly air temperatures and rainfall during the 2018 and 2019 growing season

Tablica 1. Srednja mjesečna temperature zraka i količina oborina tijekom 2018. i 2019. vegetacijske sezone

Year Godina	Meteorological data Meteorološki podaci	Month Mjesec					
		April Travanj	May Svibanj	June Lipanj	July Srpanj	August Kolovoz	September Rujan
2018	Mean air temperature (°C) Srednja mjesečna temperatura zraka (°C)	15.7	19.2	20.9	22.4	23.0	17.2
	Rainfall (mm) Oborine (mm)	51.6	50.5	144.4	94.4	66.1	36.4
	Mean air temperature (°C) Srednja mjesečna temperatura zraka (°C)	11.9	13.2	23.2	21.9	22.9	16.4
2019	Rainfall (mm) Oborine (mm)	76.6	185.1	79.4	61.9	40.2	66.5

Table 2. Characteristics of the experimental site, sowing and well as phenological stage BBCH* of crops in the experiment**Tablica 2.** Karakteristike eksperimentalne lokacije, rokovi sjetve te fenološki stadij prema BBCH* skali usjeva u pokusu

	Year of research Godina istraživanja	
	2018	2019
Preceding winter crop Predkultura	Oat Zob	Barley Ječam
Fertilizer (kg/ha) Gnojidba (kg/ha)	200 N, 100 P ₂ O ₅ , 200 K ₂ O	200 N, 100 P ₂ O ₅ , 200 K ₂ O
Soil parameters: Karakteristike tla:		
pH (M-KCl)		4.2
P ₂ O ₅ (mg/100 g of soil) P ₂ O ₅ (mg/100 g tla)		4.6
K ₂ O (mg/100 g of soil) K ₂ O (mg/100 g tla)		20.0
Humus (%)		3.2
Total nitrogen in % Ukupni dušik u %		0.17
Sowing date of sweet sorghum and climbing bean Datum sjetve krmnog sirka i visokog graha	08 May 08. svibnja	05 May 05. svibnja
BBCH* scale for sweet sorghum BBCH* skala za krmni sirak	83	83
BBCH* scale for climbing bean BBCH* skala za visoki grah	76	76

* The phenological development of the crops was assessed by determining the developmental stages during the growth of crops according to the BBCH scale (Meier, 2018)

* Fenološki razvoj usjeva procijenjen je određivanjem razvojnih stadija tijekom rasta usjeva prema BBCH skali (Meier, 2018)

Udio suhe tvari uzoraka određen je sušenjem u sušioniku na temperaturi od 65 °C do konstantne mase. Sadržaj sirovih bjelančevina utvrđen je prema Kjeldahlu (AOAC, 2005), neutralna deterđent vlakna prema Van Soestu i sur. (1991), kalcij je analiziran atomskom apsorpcijskom spektrofotometrijom na uređaju Spectrophotometer 2010 Model M530 (SAD), a pepeo je određen zagrijavanjem suhih uzoraka u pećnici na 550 °C tijekom 2 sata. Statističke analize: napravljene su analize varijance za parametre prinosa suhe tvari i sirovih bjelančevina te kvalitetu krme ($P < 0,05$), a za usporedbu srednjih vrijednosti korišten je Tukey test ($P < 0,05$).

Podaci su analizirani pomoću statističkog softvera SAS (Statistical Analysis System, 2013).

REZULTATI I RASPRAVA

Tretman (S+G₃) je imao veći prinos suhe tvari (21,1 t/ha) od čistog usjeva krmnog sirka (18,8 t/ha) u 2018. godini istraživanja (Tablica 3), ali te razlike nisu bile statistički značajne ($P < 0,05$). U 2019. godini istraživanja, tretman (S+G₃) je imao značajno ($P < 0,05$) veći prinos suhe tvari (20,3 t/ha) od čistog usjeva krmnog sirka (17,6 t/ha) i tretmana (S+G₁). Prinosi suhe tvari krmnog sirka i visokog graha bili su veći u 2018. godini istraživanja

u odnosu na 2019., ali te razlike nisu bile statistički značajne ($P < 0,05$). Veći prinosi suhe tvari krmnog sirka i konsocijacije krmnog sirka i visokog graha u 2018. godini istraživanja bili su posljedica utjecaja povoljnijih okolišnih čimbenika (učinak godine) kao što su količina oborina i srednja temperatura zraka tijekom vegetacijske sezone (Tablica 1).

Prema dobivenim rezultatima istraživanja, kada je visoki grah posijan u različitim gustoćama sjetve u konsocijaciji sa krmnim sirkom, povećavao se i prinos suhe tvari po jedinici površine (ha). Jedno od mogućih objašnjenja za veće prinose suhe tvari konsocijacije krmnog sirka i visokog graha je njihova sposobnost iskorištavanja različitih slojeva tla bez međusobne konkurencije tijekom vegetacije. Osim toga, veća potrošnja okolišnih resursa, genotipovi, kultivari i hibridi usjeva, fotosintetsko aktivno zračenje i vlažnost tla tijekom vegetacijske sezone mogu utjecati na prinos konsocijacije što su utvrdili u svojim istraživanjima (Anil i sur., 1998; Lithourgidis i sur., 2006). Vigna (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) i visoki grah (*Phaseolus vulgaris* L.) u konsocijaciji sa kukuruzom (Geren i sur., 2008; Dahmardeh i sur., 2009; Horvatić i sur., 2018; Uher

i sur., 2019a; Uher i sur., 2019b) i krmnim sirkom (Azraf i sur., 2007) mogu postići veće prinose suhe tvari i kakvoću voluminozne krme u odnosu na čisti usjev kukuruza i krmnog sirka.

U ovom istraživanju utvrđeno je da je prinos sirovih bjelančevina u tretmanima (S+G₁, S+G₂ i S+G₃) bio značajno ($P < 0,05$) veći u odnosu na čisti usjev krmnog sirka (SS) tijekom dvogodišnjeg istraživanja (Tablica 3). Tretman (S+G₃) ostvario je značajno ($P < 0,05$) najveći prinos sirovih bjelančevina (2,41 t/ha) u 2018. godini istraživanja i 2,14 t/ha u 2019. godini u odnosu na ostale tretmane u pokusu (Tablica 3). Rezultati ovog istraživanja su utvrdili da je visoki grah u konsocijaciji sa krmnim sirkom imao veći prinos sirovih bjelančevina u voluminoznoj krmi u odnosu na čisti usjev krmnog sirka zbog veće dostupnosti dušika u tlu. Eskandari i sur., (2009) u svojim istraživanjima sa konsocijacijom kukuruza i visokog graha je također imao veći prinos sirovih bjelančevina u usporedbi sa usjevom čistog kukuruza jer grah ima sposoban zadovoljiti više od 60% ukupnog dušika (N) putem biološke fiksacije dušika (Tsai i sur., 1993; Moreira i sur., 2017).

Table 3. Yield of dry matter and crude proteins (t/ha) of sweet sorghum and sweet sorghum + climbing bean intercropped

Tablica 3. Prinos suhe tvari i sirovih bjelančevina (t/ha) krmnog sirka i konsocijacija krmni sirak + visoki grah

Treatments Tretmani	Yield of dry matter in t/ha Prinos suhe tvari u t/ha			Yield of crude proteins in t/ha Prinos sirovih bjelančevina u t/ha		
	Year Godina		Mean Prosjeak	Year Godina		Mean Prosjeak
	2018	2019		2018	2019	
SS	18.8 ^a	17.6 ^b	18.2 ^c	1.52 ^d	1.32 ^d	1.42 ^d
S+G ₁	19.7 ^a	18.1 ^b	18.9 ^{bc}	1.91 ^c	1.61 ^c	1.76 ^c
S+G ₂	20.4 ^a	19.0 ^{ab}	19.7 ^{ab}	2.20 ^b	1.86 ^b	2.04 ^b
S+G ₃	21.1 ^a	20.3 ^a	20.7 ^a	2.41 ^a	2.14 ^a	2.29 ^a
Mean Prosjeak	20.0 ^a	18.8 ^a		2.01 ^a	1.73 ^b	

Different letters in the column indicate a significant difference ($P < 0.05$)

Različita slova u stupcu označavaju značajnu razliku ($P < 0,05$)

Sirove bjelančevine su vrlo važne u stočnoj hrani za hranidbu domaćih životinja, a poželjna je krma koja ima veći udio sirovih bjelančevina u suhoj tvari voluminozne krme. U ovom istraživanju utvrđeno je da je udio sirovih bjelančevina u tretmanima (S+G₁, S+G₂ i S+G₃) bio značajno ($P < 0,05$) veći u odnosu na čisti usjev krmnog sirka (SS) tijekom dvogodišnjeg istraživanja (Tablica 4).

Armstrong i sur. (2008) su utvrdili u svojim istraživanjima da visoki grah u konsocijaciji s kukuruzom ima veći potencijal za povećanje udjela sirovih bjelančevina u suhoj tvari voluminozne krme u odnosu na čisti usjev kukuruza. Konsocijacija kukuruza s visokim grahom može poslužiti kao dobar način povećanja udjela sirovih bjelančevina i poboljšanja ukupne hranjive vrijednosti silaže što je utvrdio u svojim istraživanjima (Gobelnik i sur., 2005). Rezultati ovih istraživanja su u skladu sa drugim istraživanjima u kojima su mahunarke također povećale udio sirovih bjelančevina u konsocijaciji kukuruza sa visokim grahom (Dawo i sur., 2007; Dawo i sur., 2009; Htet i sur., 2016) i vignom (Horvatić i sur., 2018; Uher i sur., 2019a; Uher i sur., 2019b).

Stočna hrana proizvedena u konsocijaciji krmnog sirka i visokog graha važna je ne samo zbog povećanja udjela sirovih bjelančevina, već i zbog smanjenja udjela sirovih vlakana i neutralnih deterđent vlakana u suhoj tvari krme. Iz tog razloga, najbolja opcija u konsocijaciji krmnog sirka i visokog graha je upotreba genotipova i kultivara visokog graha koji osiguravaju voluminoznu krmu sa većim udjelom mahuna graha u vrijeme korištenja usjeva za siliranje. Također, udio neutralnih deterđent vlakana povezana je sa stupnjem zrelosti biljnih vrsta zbog udjela komponenti stanične stijenke, uglavnom celuloze, hemiceluloze i lignina (Mugweni i sur., 2000) u suhoj tvari krme. U ovom istraživanju utvrđeno je da je udio neutralnih deterđent vlakana kod tretmana (S+G₁, S+G₂ i S+G₃) bio značajno ($P < 0,05$) niži u odnosu na čisti usjev krmnog sirka (Tablica 4).

Naša istraživanja su u skladu sa istraživanjima Armstronga i sur. (2008) koji je također utvrdio da je udio neutralnih deterđent vlakana u suhoj tvari kukuruza bio veći u odnosu na čisti usjev graha kao jednogodišnje mahunarke. Udio neutralnih deterđent vlakana važan je i

Table 4. Content of crude protein and neutral detergent fiber of sweet sorghum and sweet sorghum + climbing bean intercropped

Tablica 4. Udio sirovih bjelančevina i neutralnih deterđent vlakana krmnog sirka i konsocijacija krmni sirak + visoki grah

Treatments Tretmani	Content of crude protein in g/kg of dry matter Udio sirovih bjelančevina u g/kg suhe tvari			Content of neutral detergent fiber in g/kg of dry matter Udio neutralnih deterđent vlakana u g/kg suhe tvari		
	Year Godina		Mean Prosjeak	Year Godina		Mean Prosjeak
	2018	2019		2018	2019	
SS	81 ^{cc}	75 ^c	78 ^c	537 ^a	553 ^a	545 ^a
S+G ₁	97 ^b	89 ^b	93 ^b	523 ^b	541 ^b	532 ^b
S+G ₂	108 ^{ab}	98 ^{ab}	103 ^a	512 ^c	528 ^c	520 ^c
S+G ₃	114 ^a	106 ^a	110 ^a	497 ^d	505 ^d	501 ^d
Mean Prosjeak	100 ^a	92 ^b		517 ^b	532 ^a	

Different letters in the column indicate a significant difference ($P < 0.05$)

Različita slova u stupcu označavaju značajnu razliku ($P < 0,05$)

u formuliranju obroka za hranidbu preživača jer pokazuje količinu stočne hrane koju preživači mogu pojesti u obroku (Lithourgidis i sur., 2006). Kocer i Albayrak (2012) te Budakli Carpici i Celik (2014) su utvrdili u svojim istraživanjima da pod sličnim uvjetima rasta mahunarke imaju niži, a žitarice imaju veći udio neutralnih deterdžent vlakana u suhoj tvari što je u skladu sa ovim istraživanjem.

Puno istraživača je utvrdilo da je hranidbena vrijednost komponenti stanične stijenke smanjena sa starenjem biljaka, a koja je povezana sa povećanim udjelom lignina u suhoj tvari krme (Atis i sur. 2012; Zhao i sur., 2012). Budući da se manje količine vlaknastih komponenti koriste za bolju probavu u hranidbi preživača, konsocijacija visokog graha sa krmnim sirkom pokazala se boljim tretmanom od tretmana sa čistim usjevom krmnog sirka (SS) u pogledu udjela neutralnih deterdžent vlakana u suhoj tvari krmiva. Contreras-Govea i sur. (2009) su u svojim istraživanjima

silirali kukuruz i krmni sirak sa različitim udjelima boba i utvrdili su da mahunarke moraju činiti najmanje 50% smjese kako bi pozitivno utjecale na proces fermentacije i hranidbenu vrijednost voluminozne krme.

U ovom istraživanju udio pepela i kalcija kod tretmana (S+G₁, S+G₂ i S+G₃) bio je značajno ($P < 0,05$) veći u odnosu na čisti usjev krmnog sirka tijekom dvogodišnjeg istraživanja (Tablica 5). Mahunarke sa krmnim sirkom u smjesi značajno povećavaju udio kalija, fosfora, kalcija i magnezija u voluminoznoj krmi što su utvrdili u svojim istraživanjima (Terzić i sur., 2004; Basaran i sur., 2017). Juknevičius i Sabienė (2007) utvrdili su da udio mineralnih elemenata u biljkama ovisi o vrsti i porodici biljne vrste, odnosno leguminoze (Fabaceae) akumuliraju više kalcija i magnezija u suhoj tvari u odnosu na porodicu trava (Poaceae).

Table 5. Content of ash and calcium (g/kg) of sweet sorghum and sweet sorghum + climbing bean intercropped

Tablica 5. Udio pepela i kalcija (g/kg) u krmnom sirku i konsocijaciji krmni sirak + visoki grah

Treatments Tretmani	Content of ash in g/kg of dry matter Udio pepela u g/kg suhe tvari			Content of calcium in g/kg of dry matter Udio kalcija u g/kg suhe tvari		
	Year Godina		Mean Prosjeak	Year Godina		Mean Prosjeak
	2018	2019		2018	2019	
SS	35 ^d	31 ^d	33 ^c	3.7 ^d	3.1 ^c	3.4 ^d
S+G ₁	43 ^c	37 ^c	40 ^b	4.6 ^c	3.8 ^b	4.2 ^c
S+G ₂	48 ^b	42 ^b	45 ^b	5.1 ^b	4.3 ^b	4.7 ^b
S+G ₃	55 ^a	47 ^a	51 ^a	5.8 ^a	5.0 ^a	5.4 ^a
Mean Prosjeak	45.3 ^a	39.3 ^b		4.8 ^a	4.1 ^b	

Different letters in the column indicate a significant difference ($P < 0.05$)

Različita slova u stupcu označavaju značajnu razliku ($P < 0,05$)

ZAKLJUČAK

Istraživanjima je utvrđeno da krmni sirak (18,0 biljaka/m²) u konsocijaciji sa visokim grahamom u različitim gustoćama (3,7, 5,0 i 7,5 biljaka/m²) ima značajno ($P < 0,05$) veći prinos suhe tvari i sirovih bjelančevina od tretmana sa samim krmnim sirkom (SS). Konsocijacija krmnog sirka sa visokim grahamom značajno ($P < 0,05$) je povećala udio sirovih bjelančevina, pepela i kalcija te smanjila udio neutralnih detergent vlakana u voluminoznoj krmi u odnosu na tretman sa samim krmnim sirkom (SS). Konačno, tretman S+G₃ (18,0 biljaka/m² krmnog sirka i 7,5 biljaka/m² visokog graha) bio je značajno ($P < 0,05$) bolji u pogledu prinosa suhe tvari i sirovih bjelančevina te udjela bjelančevina, pepela i kalcija u suhoj tvari voluminozne krme u odnosu na tretman sa samim krmnim sirkom (SS).

LITERATURA

- Alvey, S., Yang, C.M., Buerkert, D., Crowley, D.E. (2003) Cereal/legume rotation effects on rhizosphere bacterial community structure in West African soils. *Biology and Fertility of Soils*, 37, 73-82. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00374-002-0573-2>
- Anil, A., Park, P., Phipps, P., Miller, M. (1998) Temperate intercropping of cereals for forage: a review of the potential for growth and utilization with particular reference to the UK. *Grass Forage Science*, 53, 301-317. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1365-2494.1998.00144>
- Armstrong, K.L., K.A. Albrecht, Lauer, J.G., Riday, H. (2008) Intercropping corn with lablab bean, velvet bean, and scarlet runner bean for forage. *Crop Science*, 48, 371-379. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci2007.04.0244>
- AOAC (2005) Official Methods of Analysis of AOAC International. Association of Official Analytical Chemists, 17th Edition, Washington DC.
- Atis, I., Konuskan, O., Duru, M., Gozubenli, H., Yilmaz, S. (2012) Effect of harvesting time on yield, composition and forage quality of some forage sorghum cultivars. *International Journal of Agriculture and Biological*, 14, 879-886.
- Ayan, I., Mut, H., Basaran, U., Acar, Z., Onal, O. (2012) Forage potential of cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). *Turkish Journal of Field Crops*, 17 (2), 135-138.
- Azraf Ul Haq, A., Riaz, A., Naeem, M., Tanveer, A. (2007) Performance of forage sorghum intercropped with forage legumes under different planting patterns. *Pakistan Journal of Botany*, 39, (2), 431-439.
- Basaran, U., Copur, Dogrusoz, M., Gulumser, E., Mut, H. (2017) Hay yield and quality of intercropped sorghum-sudan grass hybrid and legumes with different seed ratio. *Turkish Journal of Field Crops*, 22 (1), 47-53. DOI: <https://doi.org/10.17557/tjfc.301834>
- Bean, B.W., Baumhardt, R.L., McCollum, F.T., McCuiston, K.C. (2013). Comparison of sorghum classes for grain and forage yield and forage nutritive value. *Field Crops Research*, 142, 20-26. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2012.11.014>
- Budakli Carpici, E., Celik, N. (2014) Forage yield and quality of common vetch mixtures with triticale and annual ryegrass. *Turkish Journal of Field Crops*, 19, (1), 66-69. DOI: <https://doi.org/10.17557/tjfc.18929>
- Carlson, R., Tugizimana, F., Steenkamp, P.A., Dubery, I.A., Hassen, Al., Labuschagne, N. (2019) Rhizobacteria-induced systemic tolerance against drought stress in *Sorghum bicolor* (L) Moench. *Microbiological Research*, 93, 126-38. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.micres.2019.126388>
- Contreras-Govea, F.E., Muck, R.E., Armstrong, K.L., Albrecht, K.A. (2009) Nutritive Value of Corn Silage in Mixture with Climbing Beans. *Animal Feed Science and Technology*, 150, 1-8. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2008.07.001>
- Cothren, J.T., Matocha, J.E., Clark, L.E. (2000) Integrated crop management for sorghum. In: Smith, C.W., Frederiksen, R.A., eds., *Sorghum: Origin, History, Technology, and Production*. John Wiley and Sons, New York, USA
- Doggett, H., (1988) *Sorghum*, 2nd edition. London: Longman Scientific and Technical.
- Dahmardeh, M.A., Ghanbari, B., Syasar, B., Ramroudi M. (2009) Effect of Intercropping Maize (*Zea mays* L.) with Cowpea (*Vigna unguiculata* L.) on Green Forage Yield and Quality Evaluation. *Asian Journal of Plant Science*, 83, 235-239. DOI: <https://doi.org/10.3923/ajps.2009.235.239>
- Dawo, M.I., Wilkinson, J.M., Pilbeam, D.J. (2009) Interactions between plants intercropped maize and common bean. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89, 41-48. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.3408>
- Dawo, M.I., Wilkinson, J.M., Sanders, F. E., Pilbeam, D.J. (2007) The yield and quality of fresh and ensiled plant material from intercropped maize (*Zea mays* L.) and beans (*Phaseolus vulgaris*). *Journal Science of Food and Agriculture*, 87, (7), 1391-1399. DOI: <https://doi.org/10.1002/jsfa.2879>
- Egbe, O.M. (2005). Evaluation of some agronomic potentials of pigeonpea genotypes for intercropping with maize and sorghum in Southern Guinea Savanna. Ph.D. Thesis, University of Agriculture, Makurdi, Nigeria. DOI: <https://doi.org/10.5923/j.ijaf.20120201.17>
- Eskandari, H., Ghanbari, A., Galavi M., Salari, M. (2009). Forage Quality of Cowpea (*Vigna sinensis*) Intercropped with Corn (*Zea mays*) as Affected by Nutrient Uptake and Light Interception. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 37, 171-174.
- Galyuon, I.K., Gay, A., Hash, C.T., Bidinger, F.R., Howarth, C. (2019) A comparative assessment of the performance of a stay-green sorghum (*Sorghum bicolor* (L) Moench) introgression line developed by marker-assisted selection and its parental lines. *African Journal of Biotechnology*, 18, (26), 548-63. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJB2019.16826>
- Gebrehiwot, L., McGrow, R.L., Assefu, G. (1996). Forage yield and quality profile of three annual legumes in the tropical highlands of Ethiopia. *Journal of Agriculture*, 73: 83-98.
- Geren, H., Avcioglu, R., Soya, H., Kir, B. (2008) Intercropping of Corn with Cowpea and Bean Biomass Yield and Silage Quality. *African Journal of Biotechnology*, 22, 4100-4104.
- Grobelnik, M, Zdravko, K., Martin, B. (2005) Silage quality of maize-climbing bean intercropping. *Proceedings of 46th Croatian and 6th International Symposium on Agriculture*. Opatija, Croatia, pp. 741-744.
- Guleria, G., Kumar, N. (2016) Sowing methods and varying seed rates of cowpea on production potential of sorghum, sudan grass hybrid and cowpea: A review. *Agricultural Reviews* 37, 290-299.
- Habyarimana, E., Laureti, D., De Ninno, M., Lorenzoni, C. (2004) Performances of biomass sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] under different water regimes in Mediterranean region. *Indian Crops Production*, 20, 23-28. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2003.12.019>

- Horvatić, I., Svečnjak, Z., Maćešić, D., Jareš, D., Uher, D. (2018) Influence of Intercropping Maize with Cowpea and Fertilization with Clinoptilolite on Forage Yield and Quality. *Journal of Environmental Science and Engineering B*, 7, 337-343.
DOI: <https://doi.org/10.17265/2162-5263/2018.09.003>
- Htet, M.N., Soomro, N.S., Jiang Bo H. (2016) Effect of Intercropping of maize (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycine max* L.) on green forage yield and quality evaluation. *IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science*, 9 (12), 59-63. DOI: <https://doi.org/10.9790/2380-097>
- Iqbal, M.A., Iqbal, A., Siddiqui, M.H., Maqbool, Z. (2018a) Bio-agronomic evaluation of forage sorghum-legumes binary crops on Haplic Yermosol soil of Pakistan. *Pakistan Journal of Botany*, 50, 1991-1997.
- Iqbal, M.A., Iqbal, A., Maqbool, Z., Ahmad, Z., Ali, E., Siddiqui, M.H., Ali, S. (2018b) Revamping soil quality and correlation studies for yield and yield attributes in sorghum-legumes intercropping systems. *Bioscience Journal*, 34, 1165-1176.
DOI: <https://doi.org/10.14393/BJ-v34n3a2018-36561>
- Iqbal, M.A., Iqbal, A., Ali, K., Ali, H., Khan, R.D., Ahmad, A., Nabeel, F. (2015) Integration of forage sorghum and by-products of sugarcane and sugar beet industries for ruminant nutrition: A Review. *Global Veterinaria*, 14 (5), 752-760.
DOI: <https://doi.org/10.5829/idosi.gv.2015.14.05.93223>
- Juknevičius, S., Sabienė, N. (2007) The content of mineral element in some grasses and legumes. *Ekologija*, 53, 44-52.
- Kocer, A., Albayrak, S. (2012) Determination of forage yield and quality of pea (*Pisum sativum* L.) mixtures with oat and barley. *Turkish Journal of Field Crops*, 17 (1), 96-99.
- Lithourgidis, A.S., Vasilakoglou, I.B., Dhima, K.V., Dordas, C.A., Yiakoulaki, M.D. (2006) Forage yield and quality of common vetch mixtures with oat and triticale in two seeding ratios. *Field Crops Research*, 99 (2), 106-113. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2006.03.008>
- Meier, U. (2018). Growth Stages of Mono- and Dicotyledonous Plants: BBCH Monograph; Open Agrar Repository: Quedlinburg, Germany.
- Moreira, L.P., Oliveira, A.P.S., Ferreira, E.P.D.B. (2017) Nodulation, contribution of biological N₂ fixation, and productivity of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) inoculated with rhizobia isolates. *Australian Journal Crop Science*, 11, 644-651.
DOI: <https://doi.org/10.21475/ajcs.17.11.06.p310>
- Mucheru-Muna, M., Pypers, P., Mugendi, D., Kung'u, J., Mugwe, J., Merckx, R., Vanlauwe, B. (2010) A staggered maize-legume intercrop arrangement robustly increases crop yields and economic returns in the highlands of Central Kenya. *Field Crops Research*, 115, 132-139. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2009.10.013>
- Mugweni, B.Z., Titterton, M., Maasdorp, B.V., Gandiya, A.F. (2000) Effect of Mixed Cereal Legume Silages on Milk Production from Lactating Holstein Dairy cows (R7010). 3rd Workshop Livest. Prod. Prog. Projects, Matobo, Zimbabwe, 82-89.
- Ouma, G., Jeruto, P. (2010) Sustainable horticultural crop production through intercropping: The case of fruits and vegetable crops: A review. *Agriculture and Biology Journal of North America*, 1 (5), 1098-1105.
- Statistical Analysis System (2013). 2013: User's Guide: Statistics, Version 8.02. SAS Institute Inc. - Cary, USA
- Terzić, D., Stošić, M., Dinić, B., Lazarević, D., Radović, J. (2004) Productivity of sorghum and soybean as mixed crops in after crop seeding. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 20, (3-4), 169-177.
DOI: <https://doi.org/10.2298/BAH0404169T>
- Tsai, S.M., Da Silva, P.M., Cabezas, W.L., Bonetti, R. (1993) Variability in nitrogen fixation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) intercropped with maize. In *Enhancement of Biological Nitrogen Fixation of Common Bean in Latin America: Results from an FAO/IAEA Co-ordinated Research Programme, 1986-1991*; Bliss, F.A., Hardarson, G., Eds.; Springer: Dordrecht, The Netherlands, 93-101. ISBN 978-94-011-2100-2.
- Uher, D., Svečnjak, Z., Dujmović-Purgar, D., Jareš, D., Horvatić, I. (2019a) Influence of intercropping maize with climbing bean on forage yield and quality. *AGROFOR International Journal*, 4, (3), 60-67.
- Uher, D., I. Horvatić, J. Jareš, D. Maćešić (2019b) Influence of Intercropping Maize with Cowpea on Forage Yield and Quality. *Direct Research Journal of Agriculture and Food Science*, 7, (4), 77-80. DOI: <https://doi.org/10.26765/DRJAFS>
- Van Soest, P.J., Robertson, J.B., Lewis, B.A. (1991) Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science*, 74, 3583-3597.
- Zhao, Y.L., Steinberger, Y., Shi, M., Han, L.P., Xie, G.H. (2012) Changes in stem composition and harvested produce of sweet sorghum during the period from maturity to a sequence of delayed harvest dates. *Biomass and Bioenergy*, 39, 261-273.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2012.01.020>