

ویژگی‌های کمی و کیفی علوفه در نظام‌های کشت مخلوط سورگوم (*Sorghum bicolor* L. Moench) و شبدر برسيم (*Trifolium alexandrinum* L.)

نغمه عاشوری^۱، مهرداد عبدی^۲، فرید گل‌زردی^{۳*}، جلیل اجلی^۲، محمد نبی ایلکایی^۴

تاریخ دریافت: ۹۹/۶/۵ تاریخ پذیرش: ۹۹/۱۰/۲۶

- ۱- دانشجوی دکتری زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد میانه، دانشگاه آزاد اسلامی، میانه، ایران
 - ۲- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد میانه، دانشگاه آزاد اسلامی، میانه، ایران
 - ۳- استادیار، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران
 - ۴- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران
- * مسئول مکاتبه: Email: f.golzardi@areeo.ac.ir

چکیده

اهداف: این مطالعه به منظور بررسی عملکرد و کیفیت علوفه در سری‌های افزایشی و جایگزینی کشت مخلوط سورگوم و شبدر برسيم انجام شد.

مواد و روش‌ها: آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج طی دو سال زراعی (۱۳۹۵ و ۱۳۹۶) اجرا شد. نظام‌های کشت شامل سری‌های جایگزینی (۷۵ درصد سورگوم + ۲۵ درصد شبدر، ۵۰ درصد سورگوم + ۵۰ درصد شبدر و ۲۵ درصد سورگوم + ۷۵ درصد شبدر)، سری‌های افزایشی (۱۰۰ درصد سورگوم + ۵۰ درصد شبدر، ۵۰ درصد سورگوم + ۱۰۰ درصد شبدر و ۱۰۰ درصد سورگوم + ۱۰۰ درصد شبدر) و کشت خالص سورگوم و شبدر بودند.

یافته‌ها: بیشترین و کمترین عملکرد علوفه به ترتیب از نظام‌های کشت مخلوط ۱۰۰ درصد شبدر + ۱۰۰ درصد سورگوم و کشت خالص شبدر به دست آمد. علاوه بر این، بیشترین محتوی پروتئین قابل هضم (۱۱/۴۸ درصد)، پروتئین قابل متابولیسم (۸/۰۳ درصد)، انرژی قابل هضم (۲/۷۷ مگا کالری در کیلوگرم ماده خشک) و کیفیت نسبی علوفه (۱۲۲/۷۴ درصد) در کشت خالص شبدر حاصل شد. همچنین حداکثر عملکرد پروتئین قابل هضم، پروتئین قابل متابولیسم (به ترتیب ۱۹۵۶ و ۱۳۶۹ کیلوگرم در هکتار) و بالاترین تولید انرژی برای شیردهی (۳/۹۲ مگا کالری در مترمربع) در سری افزایشی ۱۰۰ درصد شبدر + ۱۰۰ درصد سورگوم به دست آمد. در بین سری‌های افزایشی، تنها نظام کشت مخلوط ۵۰ درصد سورگوم + ۱۰۰ درصد شبدر توانست کیفیت نسبی علوفه قابل قبولی تولید کند.

نتیجه‌گیری: با در نظر گرفتن کمیت و کیفیت علوفه تولیدی، نظام کشت مخلوط ۵۰ درصد سورگوم + ۱۰۰ درصد شبدر (با عملکرد علوفه خشک ۲۴/۲۸ تن در هکتار و کیفیت نسبی علوفه ۹۱/۰۴ درصد) به عنوان تیمار برتر معرفی می‌شود. به طور کلی نظام‌های کشت مخلوط افزایشی سورگوم و شبدر برسيم، سبب افزایش عملکرد کمی و کیفی علوفه شدند و می‌توانند جایگزین مناسبی برای نظام‌های کشت خالص این گیاهان باشند.

واژه‌های کلیدی: انرژی قابل هضم، پروتئین قابل متابولیسم، کیفیت نسبی علوفه، ماده خشک، همی سلولز

Quantitative and Qualitative Characteristics of Forage in the Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) and Berseem Clover (*Trifolium alexandrinum* L.) Intercropping Systems

Naghme Ashoori¹, Mehrdad Abdi², Farid Golzardi^{3*}, Jalil Ajalli², Mohammad Nabi Ilkaee⁴

Received: August 26, 2020 Accepted: January 15, 2021

1- PhD. Student of Agronomy, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Miyaneh Branch, Islamic Azad University, Miyaneh, Iran.

2- Assist. Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Miyaneh Branch, Islamic Azad University, Miyaneh, Iran.

3- Assist. Prof., Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran.

4- Assoc. Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran.

*Corresponding Author Email: f.golzardi@areeo.ac.ir

Abstract

Background and Objective: This study was conducted to evaluate the forage yield and quality in the additive and replacement series of sorghum and Berseem clover intercropping.

Materials and Methods: The experiment was conducted in a randomized complete block design with three replications in the Research Farm of Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran, during two cropping seasons (2016 and 2017). Cropping systems included replacement series ($S_{75}C_{25}$: 75% Sorghum + 25% Clover; $S_{50}C_{50}$: 50%+50%; and $S_{25}C_{75}$: 25%+75%), additive series ($S_{100}C_{50}$: 100%+50%; $S_{50}C_{100}$: 50%+100%; and $S_{100}C_{100}$: 100%+100%), and sorghum and clover monoculture ($S_{100}C_0$ and S_0C_{100} , respectively).

Results: The highest and lowest forage yields were obtained from $S_{100}C_{100}$ and S_0C_{100} cropping systems, respectively. In addition, the highest content of digestible protein (11.48%), metabolizable protein (8.03%), digestible energy (2.77 Mcal.kg⁻¹ DM) and relative forage quality (122.74%) was obtained in the S_0C_{100} . Also, the maximum yield of digestible and metabolizable protein (1956 and 1369 kg.ha⁻¹, respectively) and the highest energy production for lactation (3.92 Mcal.m²) were obtained in the $S_{100}C_{100}$. Among the additive series, only the $S_{50}C_{100}$ intercropping system was able to produce acceptable forage quality.

Conclusion: Considering the quantity and quality of produced forage, the $S_{50}C_{100}$ intercropping system (with 24.28 t ha⁻¹ dry forage yield and relative forage quality equivalent to 91.04%) is introduced as the superior treatment. In general, additive intercropping systems of sorghum and berseem clover increased the quantitative and qualitative yield of forage and could be a good alternative to monoculture systems of these crops.

Keywords: Digestible Energy, Dry Matter, Hemicellulose, Metabolizable Protein, Relative Forage Quality

گسترش تنش‌های محیطی در سال‌های اخیر باعث کاهش عملکرد گیاهان زراعی شده است (گل‌زردی و همکاران ۲۰۱۲). روش‌های بالقوه برای به حداکثر

مقدمه

در بسیاری از مناطق جغرافیایی جهان سطح اراضی زراعی قابل‌کشت در حال کاهش است و تغییر اقلیم و

عملکرد علوفه را تولید کرد. شرفی (۲۰۲۰) گزارش کرد که بیشترین عملکرد علوفه تر و خشک با کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰ درصد ذرت + ۱۰۰ درصد یونجه (*Medicago scutellata*) حاصل شد. دهقانان و همکاران (۲۰۲۰) نیز گزارش کردند که بیشترین عملکرد علوفه از الگوی کشت مخلوط ۵۰ درصد خلر (*Lathyrus sativus*) + ۸۰ درصد یولاف حاصل شد. سنجانی و همکاران (۲۰۱۱) نیز در مطالعه کشت مخلوط سورگوم و لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata*)، تیمار کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰ درصد سورگوم + ۴۵ درصد لوبیا چشم‌بلبلی را به عنوان بهترین ترکیب کشت به منظور استفاده بهتر از منابع و عملکرد بالاتر توصیه نمودند.

گزارشات زیادی از تأثیر کشت مخلوط بر ویژگی‌های کیفی علوفه وجود دارد (بختیاری و همکاران ۲۰۲۰، اسکندری و جوانمرد ۲۰۱۴). علوفه‌ای که دارای مقادیر کم فیبر شوینده اسیدی (ADF^1) و محتوای بالای پروتئین باشد از نظر کیفیت و ارزش غذایی برای دام مناسب‌تر است (بغدادی و همکاران ۲۰۱۷). شفقی و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که وجود شنبلیله در کشت مخلوط با ذرت، باعث بهبود کیفیت علوفه تولیدی شد و میزان فیبر را کاهش و انرژی ویژه شیردهی را افزایش داد. جوانمرد و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند که میزان پروتئین ذرت در کشت مخلوط به دلیل مکمل بودن اجزای کشت مخلوط در جذب عناصر غذایی افزایش یافت، به طوری که بالاترین میزان پروتئین خام ذرت در کشت مخلوط هیبریدهای ذرت با شبدر برسیم و لوبیا مشاهده شد. در این مطالعه انتقال نیتروژن از لگوم‌ها به ذرت به عنوان دلیل احتمالی افزایش میزان پروتئین اعلام شد. همچنین اسکندری و جوانمرد (۲۰۱۴) گزارش کردند کیفیت علوفه هر دو گیاه مورد مطالعه (ذرت و لوبیا چشم‌بلبلی) تحت تأثیر کشت

رساندن بهره‌وری تولید محصولات زراعی با استفاده از منابع محدود در شرایط نیمه‌خشک عبارتند از کشت محصولات کم‌توقع از نظر نیاز به نهاده‌ها، تکنیک‌های صرفه‌جویی در مصرف آب آبیاری (گل‌زردی و همکاران ۲۰۱۷) و کشت مخلوط گیاهان (صالحی و همکاران ۲۰۱۸). کشت مخلوط دو یا چند گیاه که سودمندی متقابل با هم دارند، ریسک نابودی محصول را کاهش می‌دهد. کشت مخلوط لگوم‌ها با سورگوم می‌تواند اثرات تنش خشکی بر تولید علوفه آن‌ها را کاهش دهد (اقبال و همکاران ۲۰۱۹).

کشت مخلوط از طریق افزایش تنوع گیاهان زراعی و کاهش ریسک تولید، پایداری نظام‌های زراعی را فراهم می‌کند. در نظام‌های کشت مخلوط، مدیریت علف‌های هرز بهبود یافته و عملکرد اقتصادی و کارایی استفاده از زمین افزایش می‌یابد (سیدی و حمزه‌ئی ۲۰۲۰). مشکلات مختلف ناشی از کشاورزی مدرن (مانند رکود عملکرد، فرسایش خاک، بروز آفات و بیماری‌ها و مشکلات زیست‌محیطی) می‌تواند با استفاده از سیستم کشت مخلوط تا حدودی برطرف شود (اسفندیاری اخلاص و همکاران ۲۰۱۹). علاوه بر این، آرایش کاشت بهینه فاکتور مهمی در سیستم‌های کشت مخلوط است که استفاده بهینه از منابع موجود و نور دریافتی را تعیین می‌کند (اسکندری و جوانمرد ۲۰۱۴، آقایی و همکاران ۲۰۱۵).

دباغ محمدی‌نسب و همکاران (۲۰۱۷) در بررسی الگوهای مختلف کاشت مخلوط سورگوم علوفه‌ای (*Sorghum bicolor*) و ماشک گل خوشه‌ای (*Vicia villosa*) گزارش کردند که بیشترین مجموع عملکرد علوفه با کاشت مخلوط سورگوم علوفه‌ای در وسط پشته‌ها و کاشت ماشک گل خوشه‌ای در طرفین پشته‌ها حاصل شد. آقایی و همکاران (۲۰۱۵) در بررسی کشت مخلوط سورگوم با سویا (*Glycine max*) و لوبیا سبز (*Phaseolus vulgaris*) گزارش کردند که کشت مخلوط یک ردیف سورگوم با دو ردیف سویا بیشترین

کمی و کیفی مناسبی داشته باشد، از اهمیت زیادی برخوردار است. هدف از این آزمایش بررسی عملکرد و کیفیت علوفه در نظام‌های کشت مخلوط افزایشی و جایگزینی سورگوم و شبدر برسیم در شرایط آب و هوایی کرج بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج با ارتفاع ۱۲۷۸ متر از سطح دریا، طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۶ دقیقه شرقی و عرض ۳۵ درجه و ۴۷ دقیقه شمالی طی دو سال زراعی ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ اجرا شد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ و میانگین دما و میزان بارش تجمعی در جدول ۲ ارائه شده است.

هشت نظام کشت (شامل سه نظام کشت مخلوط جایگزینی، سه نظام کشت مخلوط افزایشی و دو نظام کشت خالص سورگوم و شبدر برسیم) مورد بررسی قرار گرفت. سری‌های جایگزینی شامل نسبت‌های ۷۵ درصد سورگوم + ۲۵ درصد شبدر (۳:۱)، ۵۰ درصد سورگوم + ۵۰ درصد شبدر (۱:۱) و ۲۵ درصد سورگوم + ۷۵ درصد شبدر (۱:۳) و سری‌های افزایشی شامل نسبت‌های ۱۰۰ درصد سورگوم + ۵۰ درصد شبدر، ۵۰ درصد سورگوم + ۱۰۰ درصد شبدر و ۱۰۰ درصد سورگوم + ۱۰۰ درصد شبدر بودند. کرت‌های آزمایشی شامل شش ردیف شش متری با فاصله بین پشته ۶۰ سانتی‌متری بودند. نظام‌های کشت خالص و کشت

مخلوط قرار گرفتند به طوری که کیفیت علوفه ذرت به دلیل فراهمی بیشتر نیتروژن برای این گیاه در کشت مخلوط بهبود یافت ولی کیفیت علوفه لوبیا چشم‌بلبلی در کشت مخلوط به دلیل کاهش دسترسی گیاه به نور و فسفر و در نتیجه کاهش تثبیت بیولوژیکی ازت، کاهش یافت.

شبدر برسیم یکی از مهم‌ترین لگوم‌های علوفه‌ای در مناطق مدیترانه‌ای و خاورمیانه است که دارای رشد سریع، ظرفیت تثبیت نیتروژن اتمسفری، پتانسیل مناسب تولید و کیفیت بالای علوفه است (بختیاری و همکاران ۲۰۲۰). کشت این لگوم با خانواده غلات، ارزش غذایی و نیز خصوصیات کیفی علوفه را بهبود می‌بخشد (روس و همکاران ۲۰۰۴). سطح زیر کشت شبدر در کشور در حدود ۶۴ هزار هکتار می‌باشد که ۳۰ هزار هکتار آن دیم و مابقی آن آبی است. همچنین میزان تولید علوفه شبدر در کشور در حدود ۵۶۷ هزار تن گزارش شده است (بی‌نام ۲۰۱۹). سورگوم نیز از غلات گرمسیری چهارکربنه است که به دلیل دارا بودن مزایای مختلف نسبت به سایر گیاهان علوفه‌ای، از جمله انعطاف‌پذیری زیاد در برابر تنش‌های محیطی به-خصوص خشکی و گرما به یکی از گیاهان علوفه‌ای مهم در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان تبدیل شده است (گل‌زردی و همکاران ۲۰۱۹). سطح زیر کشت سورگوم در دنیا در حدود ۴۲ میلیون هکتار و میزان تولید آن ۵۹ میلیون تن برآورد شده است، درحالی‌که سطح زیر کشت سورگوم در کشور در حدود ۴۰ هزار هکتار و میزان تولید آن حدود ۲۴۰۰ هزار تن می‌باشد (خزایی و همکاران ۲۰۱۹).

با توجه به نیاز روزافزون به علوفه در کشور، تعیین بهترین الگوی کشت مخلوط گیاهان علوفه‌ای که عملکرد

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

هدایت الکتریکی ($dS \cdot m^{-1}$)	اسیدیته	ماده آلی (%)	فسفر قابل جذب		نیتروژن کل (%)	بافت	سال زراعی
			پتاسیم قابل جذب	($mg \cdot kg^{-1}$)			
۲/۲۲	۷/۲۴	۰/۵۸	۲۵۶	۱۲/۶	۰/۰۶	لوم - رسی	۱۳۹۶
۲/۲۴	۷/۲۳	۰/۵۹	۲۵۹	۱۲/۵	۰/۰۷	لوم - رسی	۱۳۹۷

جدول ۲- میانگین دما و بارش تجمعی در محل آزمایش طی سال‌های زراعی ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶

میزان بارش تجمعی (mm)		میانگین دما (oC)		دوره زمانی
۱۳۹۶	۱۳۹۵	۱۳۹۶	۱۳۹۵	
.	.	۲۶/۱	۲۵/۴	۱۲ خرداد - ۱۰ تیر
۰/۴	.	۲۷/۷	۲۷/۵	۱۱ تیر - ۱۰ مرداد
.	.	۲۷/۳	۲۷/۳	۱۱ مرداد - ۱۰ شهریور
.	.	۲۳/۱	۲۲/۸	۱۱ شهریور - ۹ مهر
۴/۸	۲/۴	۱۵/۹	۱۵/۷	۱۰ مهر - ۱۰ آبان

تبخیر کلاس آ انجام شد. کنترل علف‌های هرز نیز به صورت دستی انجام شد.

در این آزمایش سه چین علوفه برداشت گردید. چین‌برداری اول و دوم در انتهای دوره رشد رویشی سورگوم و با ظهور اولین گل‌آذین‌های آن انجام شد (در این مراحل بوته‌های شبدر برسیم در مرحله گلدهی قرار داشتند). معیار برداشت سومین چین علوفه نیز مرحله ۲۵ درصد گلدهی شبدر در نظر گرفته شد. چین‌های اول، دوم و سوم به ترتیب ۹ مرداد، ۳۰ شهریور و ۱۴ آبان‌ماه در سال اول و ۱۰ مرداد، ۲۹ شهریور و ۱۲ آبان‌ماه در سال دوم برداشت شدند. جهت تعیین عملکرد علوفه تر در هر چین، از چهار ردیف وسط کرت‌ها (مساحت ۱۲ مترمربع) با حذف اثرات حاشیه‌ای (نیم متر ابتدا و انتهای ردیف‌ها) نمونه‌برداری انجام شد. جهت تعیین عملکرد علوفه خشک، نمونه‌های تازه علوفه در آون تا ثابت شدن وزن، خشک شدند. در نهایت بر اساس درصد ماده خشک در هر چین، عملکرد علوفه خشک این گیاهان محاسبه شد و به منظور تعیین عملکرد علوفه خشک کل، عملکرد سه چین با هم جمع گردید. برای اندازه‌گیری کیفیت علوفه، نمونه‌های خشک-شده در هر چین آسیاب و با استفاده از ال‌ک یک میلیمتری غربال شدند. در مرحله بعد با توجه به عملکرد نسبی ماده خشک سورگوم و شبدر در هر کرت

مخلوط جایگزینی، با استفاده از الگوی کاشت یک‌ردیفه و نظام‌های کشت مخلوط افزایشی با الگوی کاشت دوردیفه کاشته شدند، بدین صورت که عملیات کاشت در الگوی کاشت یک‌ردیفه در وسط پشته‌ها و در الگوی کاشت دوردیفه در طرفین پشته‌ها (با فاصله ۲۰ سانتی‌متر) انجام شد. عملیات کاشت در هر دو سال مورد بررسی، در ۱۲ خردادماه انجام شد. بذور شبدر برسیم (رقم کرج) و سورگوم علوفه‌ای (هیبرید اسپیدفید) از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه شد و جهت کاشت سورگوم و شبدر برسیم در تیمارهای کشت خالص به ترتیب ۱۵ و ۲۵ کیلوگرم بذر در هر هکتار استفاده شد. تراکم بهینه کاشت سورگوم و شبدر در تیمارهای کشت خالص به ترتیب ۲۰ و ۱۶۷ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد (فاصله بین بوته‌ها روی ردیف به ترتیب ۸ و ۱ سانتی‌متر بود). در تیمارهای کشت مخلوط نیز بر اساس نسبت هر گونه در ترکیب کاشت، از مقدار بذر متناسب استفاده شد. بر اساس نتایج آنالیز خاک، در زمان کاشت کود فسفات آمونیوم به میزان ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار و کود اوره به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به زمین اضافه شد. بعد از برداشت چین اول و همراه با آب آبیاری نیز ۱۰۰ کیلوگرم کود اوره مصرف گردید. آبیاری به صورت جویچه‌ای و پس از ۸۰ میلی‌متر تبخیر از سطح تشتک

برای محاسبه انرژی قابل هضم، انرژی خالص برای شیردهی و کیفیت نسبی علوفه از رابطه‌های ۱ تا ۳ استفاده شد (فاوری و همکاران ۲۰۱۹، صادق‌پور و همکاران ۲۰۱۳، بی‌نام ۲۰۰۷):

$$DE = ((-1.291 \times ADF) + 101.35) \times 0.04409 \quad (\text{رابطه ۱})$$

$$NE_L = [1.044 - (0.0119 \times ADF)] \times 2.205 \quad (\text{رابطه ۲})$$

$$RFQ = [(120 / NDF) \times ((-1.291 \times ADF) + 101.35)] / 1.23 \quad (\text{رابطه ۳})$$

$$DP = (5.625 \times N) - 3 \quad (\text{رابطه ۴})$$

$$MP = (3.9375 \times N) - 2.1 \quad (\text{رابطه ۵})$$

در این معادلات DP درصد پروتئین قابل هضم، MP درصد پروتئین قابل متابولیسم و N درصد نیتروژن کل نمونه می‌باشد. اندازه‌گیری درصد نیتروژن کل در نمونه‌ها به روش کجلدال^۷ انجام شد (کجلدال ۱۸۸۳). برای محاسبه عملکرد پروتئین قابل هضم و پروتئین قابل متابولیسم (بر حسب کیلوگرم در هکتار)، درصد پروتئین قابل هضم و پروتئین قابل متابولیسم در عملکرد ماده خشک (بر حسب کیلوگرم در هکتار) ضرب شد (یول-الله و همکاران ۲۰۱۴). در پایان با توجه به همگن بودن واریانس خطاهای آزمایشی در دو سال، داده‌ها مورد تجزیه آماری مرکب قرار گرفتند. محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS^۸ و مقایسه میانگین‌ها با روش LSD^۹ در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

عملکرد علوفه تر

عملکرد علوفه تر به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر نظام‌های کشت قرار گرفت، ولی اثر سال و سال×تیمار بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۴). غیرمعنی‌دار شدن اثر سال بر عملکرد علوفه می‌تواند با مشابهت شرایط آب و هوایی به خصوص میانگین دما و بارش طی

و در هر چین، یک نمونه ترکیبی کلی از علوفه آسیاب‌شده سه چین تهیه شد.

در این معادلات DE و NE_L به‌ترتیب انرژی قابل هضم^۱ و انرژی خالص برای شیردهی^۲ (بر حسب مگاکالری در کیلوگرم ماده خشک)، RFQ کیفیت نسبی علوفه^۳ (بر حسب درصد) و ADF و NDF به‌ترتیب فیبر شوینده اسیدی و فیبر شوینده خنثی^۴ هستند. اندازه‌گیری ADF و NDF طبق روش ون سوست (۱۹۶۳) انجام شد. معیار درجه‌بندی کیفیت علوفه بر اساس شاخص کیفیت نسبی علوفه (RFQ) در جدول ۳ آورده شده است. بر اساس این شاخص اگر میزان کیفیت نسبی علوفه در تیماری کمتر از ۹۰ درصد باشد، محتوی فیبر آن زیاد بوده و جزو مواد خشبی (مانند کاه) طبقه‌بندی می‌شوند و تنها در صورتی که مقدار این شاخص بیش از ۹۰ درصد محاسبه شود، کیفیت علوفه قابل‌قبول خواهد بود (موری و آندرسندر ۲۰۰۲).

برای محاسبه میزان تولید انرژی علوفه در واحد سطح (بر حسب مگاکالری در مترمربع)، محتوی انرژی قابل هضم و انرژی خالص برای شیردهی (بر حسب مگاکالری در کیلوگرم ماده خشک) در میزان تولید ماده خشک (بر حسب کیلوگرم در مترمربع) ضرب شد (یول-الله و همکاران ۲۰۱۴). برای محاسبه درصد پروتئین قابل هضم^۵ و پروتئین قابل متابولیسم^۶ به‌ترتیب از رابطه‌های ۴ و ۵ استفاده شد (بی‌نام ۲۰۰۷):

1- Digestible energy

2- Net energy for lactation

3- Relative feed quality

4- Neutral detergent fiber

5- Digestible protein

6- Metabolizable protein

7- Kejjeldahl

8- Statistical analysis system, version 9.1

9- Least significant difference

سال‌های زراعی ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ مرتبط باشد (جدول ۲).
نظام کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰ درصد شبدر+۱۰۰ درصد سورگوم، با تولید ۱۶۶/۵۳ تن در هکتار بیشترین عملکرد علوفه تر را تولید کرد. تولید بیشتر علوفه در این الگوی کشت می‌تواند با تراکم بالاتر گیاهان زراعی نسبت به الگوی کشت خالص مرتبط باشد. نظام کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰ درصد سورگوم+۵۰ درصد شبدر نیز با تولید ۱۵۴/۱۱ تن علوفه تر در هکتار در گروه آماری برتر قرار گرفت و کمترین عملکرد کل علوفه تر

سال‌های زراعی ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ مرتبط باشد (جدول ۲).
نظام کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰ درصد شبدر+۱۰۰ درصد سورگوم، با تولید ۱۶۶/۵۳ تن در هکتار بیشترین عملکرد علوفه تر را تولید کرد. تولید بیشتر علوفه در این الگوی کشت می‌تواند با تراکم بالاتر گیاهان زراعی نسبت به الگوی کشت خالص مرتبط باشد. نظام کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰ درصد سورگوم+۵۰ درصد شبدر نیز با تولید ۱۵۴/۱۱ تن علوفه تر در هکتار در گروه آماری برتر قرار گرفت و کمترین عملکرد کل علوفه تر

جدول ۳- درجه بندی کیفیت علوفه بر اساس شاخص کیفیت نسبی علوفه (مووری و آندرسندر ۲۰۰۲)

کیفیت علوفه	میزان شاخص کیفیت نسبی علوفه (%)
عالی	بیشتر از ۱۸۵
خیلی خوب	۱۶۰-۱۸۵
خوب	۱۴۰-۱۶۰
متوسط	۱۱۰-۱۴۰
قابل قبول	۹۰-۱۱۰
خشبی	کمتر از ۹۰

جدول ۴- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد کمی و کیفی علوفه تحت تاثیر نظام‌های کشت مخلوط سورگوم و شبدر

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد علوفه تازه	عملکرد خشک	عملکرد پروتئین قابل هضم	عملکرد پروتئین قابل متابولیسم	تولید انرژی برای شیردهی	تولید انرژی قابل هضم
سال	۱	۲۲۰,۷۲ ^{ns}	۵,۲۴ ^{ns}	۲۳۸۹۷ ^{ns}	۱۱۵۹۴ ^{ns}	۰,۰۷۳ ^{ns}	۰,۲۱۷ ^{ns}
تکرار(سال)	۴	۹۷,۶۹	۲,۰۴	۳۳۵۵۹	۱۶۴۹۷	۰,۱۱۰	۰,۴۳۲
نظام کشت	۷	۵۹۱۵,۹۲ ^{**}	۲۰۵,۴۲ ^{**}	۵۹۱۰۰۷ ^{**}	۲۸۹۴۷۸ ^{**}	۳,۰۱۴ ^{**}	۹,۱۰۵ ^{**}
سال×نظام کشت	۷	۲۵۷,۹۶ ^{ns}	۷,۰۶ ^{ns}	۲۸۵۳۰ ^{ns}	۱۴۰۱۱ ^{ns}	۰,۱۲۷ ^{ns}	۰,۴۰۴ ^{ns}
خطا	۲۸	۱۱۰,۹۰	۳,۲۳	۳۹۷۵۹	۱۹۴۷۶	۰,۰۹۴	۰,۳۴۰
ضریب تغییرات(%)	-	۸,۴۳	۸,۰۶	۱۳,۵۲	۱۳,۴۹	۱۰,۲۵	۱۰,۹۹

ns و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد می باشد.

دهقانان و همکاران (۲۰۲۰) در بررسی کشت مخلوط خلر (*Lathyrus sativus*) با جو، یولاف و تریتیکاله گزارش کردند که بیشترین عملکرد علوفه از الگوی کشت مخلوط ۵۰ درصد خلر + ۸۰ درصد یولاف و سپس ۵۰ درصد خلر + ۸۰ درصد جو حاصل شد درحالی‌که کمترین عملکرد مربوط به کشت خالص خلر بود. ایشان دلیل برتری نظام‌های کشت مخلوط مذکور

در تولید علوفه را به کاهش رقابت درون گونه‌ای و برون گونه‌ای و افزایش کارایی استفاده از منابع قابل‌دسترس توسط اجزای مخلوط مرتبط دانستند. شرفی (۲۰۲۰) در بررسی کشت مخلوط ذرت علوفه‌ای با یونجه حلزونی (*Medicago scutellata*) گزارش کرد که بیشترین عملکرد علوفه تر با کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰ درصد ذرت + ۱۰۰ درصد یونجه حاصل

همکاران ۲۰۱۰). در چنین شرایطی گونه چهارکربنه با نرخ فتوسنتز بالاتر، نور بیشتری را از بالای کانوپی جذب می‌کند، درحالی‌که گونه سه‌کربنه با نرخ فتوسنتز پایین‌تر، برای جذب کمتر نور در پایین کانوپی سازگارتر است (اقبال و همکاران ۲۰۱۹، یو و همکاران ۲۰۱۵).

شد. ایشان مصرف بهینه آب و استفاده مؤثر از فضای کشت را به عنوان دلایل برتری عملکرد علوفه در نظام کشت مذکور مطرح نمود. مطالعات نشان داده است که کشت مخلوط گیاهان سه‌کربنه و کوتاه‌قد با گیاهان چهارکربنه و بلندقد باعث افزایش راندمان جذب و مصرف نور شده و به دنبال آن کارایی فتوسنتزی و در نهایت عملکرد گیاه زراعی افزایش می‌یابد (قنبری و

جدول ۵- مقایسه میانگین عملکرد کمی و کیفی علوفه تحت تاثیر نظام‌های کشت مخلوط سورگوم و شبدر

تولید انرژی قابل هضم (M) (cal.m ⁻²)	تولید انرژی برای شیردهی (M) (cal.m ⁻²)	عملکرد پروتئین قابل متابولیسم (kg.ha ⁻¹) (¹)	عملکرد			ترکیب کشت (%)	
			پروتئین قابل هضم (kg.ha ⁻¹)	عملکرد علوفه خشک (t.ha ⁻¹)	عملکرد علوفه تازه (t.ha ⁻¹)	شبدر	سورگوم
۲,۹۷f	۱,۶۳f	۸۶۲cd	۱۲۳۱cd	۱۰,۷۱e	۶۵,۲۱e	۱۰۰	۰
۵,۵۴cd	۳,۱۴c	۷۲۰d	۱۰۲۸d	۲۴,۰۲b	۱۳۳,۶۴b	۰	۱۰۰
۵,۹۰bc	۳,۳۱bc	۱۲۳۱ab	۱۷۵۹ab	۲۴,۲۸b	۱۳۷,۰۳b	۱۰۰	۵۰
۶,۴۲ab	۳,۶۳ab	۱۱۹۱b	۱۷۰۱b	۲۷,۶۲a	۱۵۴,۱۱a	۵۰	۱۰۰
۶,۹۵a	۳,۹۲a	۱۳۶۹a	۱۹۵۶a	۲۹,۶۹a	۱۶۶,۵۳a	۱۰۰	۱۰۰
۴,۵۳e	۲,۵۴e	۱۰۱۵c	۱۴۵۰c	۱۸,۴۴d	۱۰۳,۲۰d	۷۵	۲۵
۴,۸۸de	۲,۷۷de	۸۵۳cd	۱۲۱۹cd	۲۱,۵۲c	۱۱۸,۳۳c	۲۵	۷۵
۵,۲۸cd	۲,۹۷cd	۱۰۱۵c	۱۴۵۱c	۲۲,۲۵bc	۱۲۰,۹۳c	۵۰	۵۰

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک طبق آزمون LSD در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

عملکرد علوفه خشک

تأثیر نظام‌های کشت بر عملکرد علوفه خشک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴) و بیشترین و کمترین عملکرد علوفه خشک (۲۹/۶۹ و ۱۰/۷۱ تن در هکتار) به ترتیب از کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰ درصد سورگوم + ۱۰۰ درصد شبدر و کشت خالص شبدر به دست آمد (جدول ۵). از آنجا که سورگوم گیاهی چهارکربنه است و تولید ماده خشک آن از شبدر بالاتر است، نظام‌های کشت مخلوطی که نسبت سورگوم بالاتری داشتند، عملکرد علوفه بیشتری تولید نمودند (جدول ۵). سری افزایشی ۱۰۰ درصد سورگوم + ۵۰ درصد شبدر نیز از نظر عملکرد علوفه خشک در

گروه آماری برتر قرار گرفت. نظام کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰ درصد شبدر + ۵۰ درصد سورگوم با تولید ۲۴/۲۸ تن علوفه خشک در هکتار، توانست عملکردی معادل با کشت خالص سورگوم تولید کند، درحالی‌که نسبت به سری‌های جایگزینی و کشت خالص شبدر برتری معنی‌داری داشت (جدول ۵). همچنین نتایج این آزمایش نشان داد که میانگین عملکرد علوفه خشک در نظام‌های کشت مخلوط افزایشی به طور معنی‌داری بیشتر از سری‌های جایگزینی بود (جدول ۵). نتایج مطالعات نشان داده است که عملکرد علوفه در نظام‌های کشت مخلوط افزایشی لگوم-غلات در مقایسه با سری‌های جایگزینی آن‌ها به علت کاهش قدرت رقابت

حداکثر محتوای پروتئین قابل هضم و پروتئین قابل متابولیسم در بین سری‌های افزایشی (به ترتیب ۷/۲۸ و ۵/۰۹ درصد) متعلق به نظام کشت ۵۰ درصد سورگوم+۱۰۰ درصد شبدر بود (جدول ۷). البته بالا بودن محتوای پروتئین به تنهایی شاخص مناسبی نیست، زیرا ممکن است درصد پروتئین بالا در اثر پایین بودن عملکرد علوفه، چندان قابل توجه نباشد و یا ممکن است تیماری با درصد پروتئین کم ولی تولید ماده خشک بالاتر، پروتئین بیشتری در واحد سطح تولید کرده و در نتیجه اهمیت بیشتری داشته باشد (بختیاری و همکاران ۲۰۲۰، بغدادی و همکاران ۲۰۱۷). بنابراین عملکرد پروتئین که برآیندی از عملکرد ماده خشک و محتوای پروتئین است، اهمیت زیادتری در تعیین تیمار مناسب دارد (گل‌زردی و همکاران ۲۰۱۷). به همین دلیل در واحدهای اقتصادی دامی، مقدار کل پروتئین یک محصول علوفه‌ای نیز به اندازه غلظت پروتئین به عنوان فاکتور کیفی علوفه حائز اهمیت است (کارمی و همکاران ۲۰۰۶).

علف‌های هرز، افزایش جذب نور در واحد سطح، افزایش تراکم گیاهان زراعی و افزایش نسبت تعرق به تبخیر بهبود یافته است (شرفی ۲۰۲۰، دهقانیان و همکاران ۲۰۲۰، اقبال و همکاران ۲۰۱۹، دشتکی و چایچی ۲۰۱۲).

محتوی و عملکرد پروتئین قابل هضم و قابل متابولیسم

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴ و ۶) نشان داد که اثر نظام‌های کشت بر محتوی و عملکرد پروتئین قابل هضم و قابل متابولیسم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود؛ به طوری که بیشترین محتوی و کمترین عملکرد پروتئین در تیمار کشت خالص شبدر به دست آمد (جدول ۵ و ۷). با افزایش نسبت شبدر در کشت مخلوط، محتوی پروتئین قابل هضم و پروتئین قابل متابولیسم نیز افزایش یافت. بدون در نظر گرفتن کشت خالص شبدر، بیشترین محتوای پروتئین قابل هضم و پروتئین قابل متابولیسم (به ترتیب ۷/۸۸ و ۵/۵۱ درصد) در نظام کشت مخلوط جایگزینی ۲۵ درصد سورگوم + ۷۵ درصد شبدر حاصل شد (جدول ۷).

جدول ۶- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) خصوصیات کیفی علوفه تحت تاثیر نظام‌های کشت مخلوط سورگوم و شبدر

منابع تغییر	درجه آزادی	محتوی پروتئین قابل هضم	محتوی پروتئین قابل متابولیسم	فیبر شوینده اسیدی	همی سلولز	محتوی انرژی قابل هضم	کیفیت نسبی علوفه
سال	۱	۰,۰۰۸ ^{ns}	۰,۰۰۴ ^{ns}	۰,۰۰۴ ^{ns}	۲,۱۷ ^{ns}	۰,۰۰۱ ^{ns}	۱,۴۲ ^{ns}
تکرار (سال)	۴	۰,۵۱۵	۰,۲۵۲	۹,۱۱	۱۸,۴۱	۰,۰۲۹	۷۲,۳۴
نظام کشت	۷	۲۶,۷۹۶ ^{**}	۱۳,۱۳۶ ^{**}	۴۷,۷۴ ^{**}	۳۸,۲۲ [*]	۰,۱۵۳۷ ^{**}	۱۳۱۱,۴۱ ^{**}
سال × نظام کشت	۷	۰,۳۱۷ ^{ns}	۰,۱۵۶ ^{ns}	۰,۰۵۶ ^{ns}	۱,۳۴ ^{ns}	۰,۰۰۲ ^{ns}	۷,۴۶
خطا	۲۸	۰,۶۶۷	۰,۳۲۸	۵,۷۴	۱۷,۲۴	۰,۰۱۸۵	۵۸,۸۴
ضریب تغییرات (%)	-	۱۱,۷۱	۱۱,۷۲	۶,۶۲	۱۷,۰۷	۵,۶۴	۸,۵۹

ns، * و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد می باشد.

سورگوم+۱۰۰ درصد شبدر نیز توانست با تولید ۱۷۵۹ کیلوگرم پروتئین قابل هضم و ۱۲۳۱ کیلوگرم پروتئین قابل متابولیسم در هر هکتار، در گروه آماری برتر قرار بگیرد (جدول ۵). تیمار کشت خالص شبدر علی‌رغم بالا بودن محتوای پروتئین، عملکرد پروتئین کمی داشت

بیشترین عملکرد پروتئین قابل هضم و پروتئین قابل متابولیسم (به ترتیب ۱۹۵۶ و ۱۳۶۹ کیلوگرم در هکتار) از نظام کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰ درصد سورگوم + ۱۰۰ درصد شبدر به دست آمد (جدول ۵). علاوه بر این نظام کشت مخلوط افزایشی ۵۰ درصد

جدول ۷- مقایسه میانگین خصوصیات کیفی علوفه تحت تاثیر نظام‌های کشت مخلوط سورگوم و شبدر

کیفیت نسبی علوفه (%)	محتوی انرژی قابل هضم (Mcal.kg ⁻¹)	همی سلولز (%)	فیبر شوینده اسیدی (%)	محتوی پروتئین قابل متابولیسم (%)	محتوی پروتئین قابل هضم (%)	ترکیب کشت (درصد)	
						سورگوم	شبدر
۱۲۲,۷۴a	۲,۷۷a	۲۰,۲۸c	۲۹,۸۰c	۸,۰۳a	۱۱,۴۸a	۱۰۰ +	۰
۷۶,۳۸d	۲,۳۰bc	۲۸,۸۲a	۳۸,۰۸ab	۲,۹۸e	۴,۲۶e	۰ +	۱۰۰
۹۱,۰۴bc	۲,۴۳bc	۲۳,۱۸bc	۳۵,۹۰ab	۵,۰۹bc	۷,۲۸bc	۱۰۰ +	۵۰
۸۲,۳۳cd	۲,۳۲bc	۲۴,۸۲a-c	۳۷,۷۵ab	۴,۳۱d	۶,۱۵d	۵۰ +	۱۰۰
۸۴,۱۶cd	۲,۳۴bc	۲۴,۵۵a-c	۳۷,۳۵ab	۴,۶۲cd	۶,۶۰cd	۱۰۰ +	۱۰۰
۹۴,۶۷b	۲,۴۶b	۲۲,۲۵bc	۳۵,۳۲b	۵,۵۱b	۷,۸۸b	۷۵ +	۲۵
۷۸,۵۸d	۲,۲۷c	۲۵,۳۲ab	۳۸,۷۰a	۳,۹۷d	۵,۶۷d	۲۵ +	۷۵
۸۴,۴۷cd	۲,۳۸bc	۲۵,۴۲ab	۳۶,۷۸ab	۴,۵۶cd	۶,۵۱cd	۵۰ +	۵۰

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشترک طبق آزمون LSD در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

(جدول ۵ و ۷). محققین دیگر نیز به نقش مهم گیاهان تیره لگومینوزه در افزایش عملکرد کیفی علوفه از نظر پروتئین در سیستم‌های کشت مخلوط اشاره کرده‌اند (ولاچوسترگیوس و همکاران ۲۰۱۸، دباغ محمدی‌نسب و همکاران ۲۰۱۷، ماکسین و همکاران ۲۰۱۷). ولاچوسترگیوس و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که یکی از مهمترین مزایای استفاده از خلر (*Lathyrus cicera*) در نظام‌های کشت مخلوط لگوم-غلات، افزایش تولید پروتئین در واحد سطح است. در این مطالعه نظام کشت مخلوط ۶۰ درصد خلر + ۴۰ درصد یولاف به عنوان بهترین نظام کشت مخلوط از نظر محتوی و عملکرد پروتئین معرفی شد. وجود همبستگی مثبت بین نسبت لگوم‌ها در کشت مخلوط گراس-لگوم با محتوی پروتئین علوفه گزارش شده است (سندروسون ۲۰۱۰). استیردهورست و همکاران (۲۰۰۸) گزارش شده است که کشت مخلوط جو با باقلا (*Vicia faba*)، لوپین (*Lupinus angustifolius*) و نخود سبز (*Pisum sativum*) در مقایسه با کشت خالص جو، عملکرد پروتئین علوفه را به ترتیب ۶۴، ۲۷ و ۵۵ درصد افزایش داد.

محتوی الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و همی سلولز

اثر نظام‌های کشت بر محتوی الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در سطح احتمال یک درصد و بر محتوی همی سلولز در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۶). طبق نتایج به دست آمده میزان همی سلولز و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی علوفه در کشت خالص سورگوم (به ترتیب ۲۸/۸۲ و ۳۸/۰۸ درصد) به طور معنی‌داری بیشتر از محتوی آن‌ها در کشت خالص شبدر (به ترتیب ۲۰/۲۸ و ۲۹/۸۰ درصد) بود (جدول ۷). بیشترین محتوی الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (۳۸/۷۰ درصد) در تیمار ۷۵ درصد سورگوم + ۲۵ درصد شبدر حاصل شد. در بین سری‌های افزایشی، حداقل محتوی الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و همی سلولز علوفه (به ترتیب ۳۵/۹۰ و ۲۳/۱۸ درصد) در نظام کشت مخلوط ۵۰ درصد سورگوم + ۱۰۰ درصد شبدر دیده شد (جدول ۷). با افزایش محتوی فیبر در علوفه، میزان خشبی بودن بیشتر و قابلیت هضم و خوش‌خوراکی آن کمتر می‌شود

محتوی الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در این تیمار مرتبط باشد (جدول ۷). صادق‌پور و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که کمترین محتوی انرژی علوفه با کشت خالص جو حاصل شد، درحالی‌که با کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰ درصد جو + ۴۰ درصد یونجه یکساله این صفت به طور معنی‌داری افزایش یافت. هر چند که نظام کشت خالص شبدر، بیشترین محتوی انرژی قابل هضم در ماده خشک علوفه را داشت (جدول ۷)، ولی این تیمار کمترین تولید انرژی قابل هضم و انرژی خالص برای شیردهی در واحد سطح (به‌ترتیب ۲/۹۷ و ۱/۶۳ مگاکالری در مترمربع) را به خود اختصاص داد (جدول ۵). این در حالی است که بالاترین تولید انرژی قابل هضم و انرژی خالص برای شیردهی در واحد سطح (به‌ترتیب ۶/۹۵ و ۳/۹۲ مگاکالری در مترمربع) از نظام کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰ درصد سورگوم + ۱۰۰ درصد شبدر حاصل شد (جدول ۵). در کشت مخلوط افزایشی ذرت با شبدر برسیم (*Trifolium alexandrinum*)، ماشک گل‌خوشه‌ای (*Vicia villosa*)، لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) و گاودانه (*Vicia ervilia*) نتایج مشابهی گزارش شد (جوانمرد و همکاران ۲۰۱۵).

کیفیت نسبی علوفه

اثر نظام‌های کشت بر محتوی کیفیت نسبی علوفه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۶). به طوری که حداکثر و حداقل میزان این شاخص (۱۲۲/۷۴ و ۷۶/۲۸ درصد) به‌ترتیب در کشت خالص شبدر و سورگوم حاصل شد (جدول ۷). اگر میزان کیفیت نسبی علوفه کمتر از ۹۰ باشد علوفه در گروه خشبی و اگر بین ۹۰ تا ۱۱۰ باشد، در گروه کیفی قابل‌قبول درجه‌بندی می‌شود (جدول ۳). با توجه به این شاخص، کیفیت علوفه در نظام‌های کشت مخلوط جایگزینی ۲۵ درصد سورگوم + ۷۵ درصد شبدر و افزایشی ۵۰ درصد سورگوم + ۱۰۰ درصد شبدر در حد قابل قبول

(بختیاری و همکاران ۲۰۲۰). افزایش نسبت شبدر به سورگوم در کشت مخلوط، باعث کاهش محتوی همی‌سلولز و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در علوفه شد (جدول ۷)، که می‌تواند با بالاتر بودن محتوی الیاف نامحلول در شوینده خنثی و الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در گیاه سورگوم نسبت به شبدر مرتبط باشد (اقبال و همکاران ۲۰۱۹، بختیاری و همکاران ۲۰۲۰). کونتریراس-گویی و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که محتوی الیاف نامحلول در شوینده اسیدی در شبدر کمتر از گندم و در کشت مخلوط آن‌ها متوسط بود. لوریالت و همکاران (۲۰۰۴) در مطالعه‌ای نشان دادند که علوفه تولیدی در نظام کشت مخلوط نخود (*Pisum sativum*) با چاودار، جو، گندم، تریتیکاله و یولاف در مقایسه با کشت خالص این غلات، محتوی الیاف نامحلول در شوینده اسیدی کمتری داشت. جوانمرد و همکاران (۲۰۱۵) گزارش کردند که کشت مخلوط لگوم‌ها با ذرت در مقایسه با کشت خالص ذرت باعث کاهش محتوی الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و در نتیجه افزایش پتانسیل مصرف علوفه توسط دام شد.

محتوی و تولید انرژی قابل هضم و انرژی خالص برای شیردهی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر نظام‌های کشت بر محتوی و تولید انرژی قابل هضم و انرژی خالص ویژه شیردهی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۴ و ۶). در نظام کشت خالص شبدر بیشترین محتوی انرژی قابل هضم در ماده خشک (۲/۷۷ مگاکالری در کیلوگرم) مشاهده شد و با افزایش نسبت شبدر به سورگوم در کشت مخلوط، میزان این صفت افزایش یافت (جدول ۷). کمترین محتوی انرژی قابل هضم علوفه (۲/۲۷ مگاکالری در کیلوگرم ماده خشک) نیز در تیمار ۷۵ درصد سورگوم + ۲۵ درصد شبدر حاصل شد که می‌تواند به بالا بودن

داشتند و در بین سری‌های افزایشی، نظام کشت مخلوط ۵۰ درصد سورگوم + ۱۰۰ درصد شبدر توانست کیفیت نسبی علوفه قابل‌قبولی تولید کند. هر چند نظام‌های کشت مخلوط ۱۰۰ درصد سورگوم + ۱۰۰ درصد شبدر و ۱۰۰ درصد سورگوم + ۵۰ درصد شبدر، عملکرد علوفه بیشتری نسبت به نظام کشت ۵۰ درصد سورگوم + ۱۰۰ درصد شبدر داشتند، ولی بر اساس شاخص کیفیت نسبی علوفه، علوفه تولیدی آن‌ها در گروه خشبی دسته‌بندی شد. نظام کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰ درصد شبدر + ۵۰ درصد سورگوم توانست معادل با نظام کشت خالص سورگوم، علوفه خشک در واحد سطح تولید کند. در بین سری‌های افزایشی، حداکثر محتوی پروتئین قابل هضم و پروتئین قابل متابولیسم و حداقل محتوی الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و همی سلولز در سری افزایشی ۱۰۰ درصد شبدر + ۵۰ درصد سورگوم حاصل شد. بنابراین با در نظر گرفتن هر دو جنبه کمی و کیفی علوفه، نظام کشت مخلوط ۵۰ درصد سورگوم + ۱۰۰ درصد شبدر به‌عنوان تیمار برتر معرفی می‌شود.

سپاسگزاری

بدین وسیله از همکاری‌های مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر و سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی در اجرای این پروژه تحقیقاتی با کد مصوب ۹۵۱۱۸-۰۳-۰۳-۲ سپاسگزاری می‌شود.

و در کشت خالص شبدر در حد خوب می‌باشد (جدول ۳ و ۷). به طور کلی با افزایش نسبت شبدر به سورگوم در کشت مخلوط، کیفیت نسبی علوفه افزایش یافت که این می‌تواند به علت پایین بودن میزان الیاف نامحلول در شوینده اسیدی و همی سلولز در شبدر باشد (جدول ۷). در کشت مخلوط جو با یونجه یکساله، میزان ارزش نسبی علوفه بالاتر از کشت خالص جو بود و با افزایش نسبت لگوم در مخلوط، ارزش غذایی به طور معنی‌داری افزایش یافت (صادق‌پور و همکاران ۲۰۱۳). فناوری و همکاران (۲۰۱۹) گزارش کردند که کشت مخلوط شبدر قرمز (*Trifolium pratense*) با علف گندمی (*Thinopyrum intermedium*) نسبت به کشت خالص گراس سبب افزایش محتوی پروتئین و کیفیت نسبی علوفه (به ترتیب ۴۹ و ۱۱ درصد) و کاهش محتوی الیاف نامحلول در شوینده اسیدی (به میزان ۱۸ درصد) شد.

نتیجه‌گیری

کشت خالص شبدر برسیم علی‌رغم داشتن بیشترین محتوی پروتئین قابل هضم و قابل متابولیسم، انرژی قابل هضم در ماده خشک و کیفیت نسبی علوفه، از عملکرد علوفه بالایی برخوردار نبود. در نقطه مقابل، کشت خالص سورگوم علی‌رغم داشتن عملکرد بالا، از کیفیت علوفه مناسبی برخوردار نبود. کشت مخلوط شبدر برسیم با سورگوم می‌تواند معایب کشت خالص هر یک از این دو گیاه را برطرف کند. از میان تیمارهای کشت مخلوط، سری‌های افزایشی بر جایگزینی برتری

منابع مورد استفاده

- Aghaei M, Fotokian M and Aghighi Shaverdi M. 2015. Assessment of yield quantity and quality in intercropping of sorghum with soybean and green bean. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 25(1): 115-130. (In Persian).
- Anonymous. 2007. Nutrient Requirements of Small Ruminant. National Academic Science. Washington, DC, USA.
- Anonymous. 2019. Agricultural Products Statistics. Ministry of Jihad Agriculture of Iran. pp: 87.

- Baghdadi A, Balazadeh M, Kashani A, Golzardi F, Gholamhoseini M and Mehrnia M. 2017. Effect of pre-sowing and nitrogen application on forage quality of silage corn. *Agronomy Research*, 15(1): 11-23.
- Bakhtiyari F, Zamanian M and Golzardi F. 2020. Effect of mixed intercropping of clover on forage yield and quality. *South Western Journal of Horticulture, Biology and Environment*, 11(1): 49-66.
- Carmi A, Aharoni Y, Edelstein M, Umiel N, Hagiladi A, Yosef E and Miron J. 2006. Effects of irrigation and plant density on yield, composition and in vitro digestibility of a new forage sorghum variety, Tal, at two maturity stages. *Animal Feed Science and Technology*, 131(1-2): 121-133.
- Contreras-Govea FE, Albrecht KA and Muck RE. 2006. Spring yield and silage characteristics of Kura clover, winter wheat, and mixtures. *Agronomy Journal*, 98: 781-787.
- Dabbagh Mohammadi Nasab A, Javanmard A and Arzheh J. 2017. Forage production in different intercropping patterns of sorghum (*Sorghum bicolor* L.) with hairy vetch (*Vicia villosa*) in nitrogen fertilizer levels. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 27(1): 63-83. (In Persian).
- Dashtaki M and Chaichi M. 2012. Intercropping of sorghum and chickling pea in limited irrigation regimes. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 43(2): 311-321. (In Persian).
- Dehghanian H, Barmaki M, Dabbagh Mohamadi Nasab A, Seifdavati J. 2020. Grass pea (*Lathyrus sativus* L.) - cereal intercropping: Evaluation of productivity and some indices of forage quality. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 30(3): 61-76.
- Esfandiary Ekhlās E, Hamzei J and Nael M. 2019. Effect of different managements of tillage and legume cover crop on pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) yield in additive intercropping with green bean. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 29(2): 1-17. (In Persian).
- Eskandari H and Javanmard A. 2014. Evaluation of forage yield and quality in intercropping patterns of maize (*Zea mays*) and cowpea (*Vigna sinensis*). *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 23(4): 101-110. (In Persian).
- Favre JR, Castiblanco TM, Combs DK, Wattiaux MA and Picasso VD. 2019. Forage nutritive value and predicted fiber digestibility of Kernza intermediate wheatgrass in monoculture and in mixture with red clover during the first production year. *Animal Feed Science and Technology*, 258: 114298.
- Ghanbari A, Dahmardeh M, Siah SAR BA and Ramroudi M. 2010. Effect of maize (*Zea mays* L.)-cowpea (*Vigna unguiculata* L.) intercropping on light distribution, soil temperature and soil moisture in arid environment. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 8: 102-108.
- Golzardi F, Baghdadi A and Keshavarz Afshar R. 2017. Alternate furrow irrigation affects yield and water-use efficiency of maize under deficit irrigation. *Crop Pasture Science*, 68(8): 726-734.
- Golzardi F, Nazari Sh and Rahjoo V. 2019. Sorghum Cultivation. ETKA Publication. (In Persian).
- Golzardi F, Vazan S, Moosavinia H and Tohidloo G. 2012. Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of swallowwort (*Cynanchum acutum* L.). *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 4(21): 4524-4529.
- Iqbal MA, Hamid A, Ahmad T, Siddiqui MH, Hussain I, Ali S, Ali A and Ahmad Z. 2019. Forage sorghum-legumes intercropping: Effect on growth, yields, nutritional quality and economic returns. *Bragantia*, 78(1): 82-95.
- Javanmard A, Dabbagh Mohammadi Nasab A, Javanshir A, Moghaddam M and Janmohammade H. 2012. Effects of maize intercropping with legumes on forage yield and quality. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 22(3): 137-151. (In Persian).
- Javanmard A, Dabbagh Mohammadi Nasab A, Javanshir A, Moghaddam M, Janmohammadi H, Nasiri Y and Shekari F. 2015. Evaluation of maize neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), total digestible nutrients (TDN), dry matter intake (DMI) and net energy for lactation (NEL) in intercropping. *Journal of Crop Production and Processing*, 4(14): 175-190. (In Persian).

- Khzaei A, Fouman A, Rahjoo V and Golzardi F. 2019. Sorghum Cultivation (Handbook). Agricultural Education Publication. (In Persian).
- Kjeldahl JGCT. 1883. Neue methode zur bestimmung des stickstoffs in organischen korpern. Fresenius' Journal of Analytical Chemistry, 22: 366-382.
- Lauriault LM and Kirksey RE. 2004. Yield and nutritive value of irrigated winter cereal forage grass-legume intercrops in the southern high plains, USA. Agronomy Journal, 96: 352-358.
- Maxin G, Andueza D, Le Morvan A and Baumont R. 2017. Effect of intercropping vetch (*Vicia sativa* L.), field pea (*Pisum sativum* L.) and triticale (*X Triticosecale*) on dry matter yield, nutritive and ensiling characteristics when harvested at two growth stages. Grass and Forage Science, 72(4): 777-784.
- Moore JE and Undersander DJ. 2002. Relative forage quality: An alternative to relative feed value and quality index. In Proceedings 13th Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium, 32: 16-29.
- Ross SM, King JR, O'Donovan JT and Spaner D. 2004. Intercropping berseem clover with barley and oat cultivars for forage. Agronomy Journal, 96(6): 1719-1729.
- Sadeghpour A, Jahanzad E, Esmaeili A, Hosseini MB and Hashemi M. 2013. Forage yield, quality and economic benefit of intercropped barley and annual medic in semi-arid conditions: Additive series. Field Crops Research, 148: 43-48.
- Salehi Y, Zarehaghi D, Dabbagh Mohammadi Nasab A and Neyshabouri M. 2018. The effect of intercropping and deficit irrigation on the water use efficiency and yield of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) and basil (*Ocimum basilicum*). Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 28(3): 209-220. (In Persian).
- Sanderson MA. 2010. Nutritive value and herbage accumulation rates of pastures sown to grass, legume, and chicory mixtures. Agronomy Journal, 102(2): 728-733.
- Sanjani S, Hosseini MB, Chaichi MR and Rezvan Beydokhti Sh. 2011. Evaluation of yield and yield components in additive intercropping of grain sorghum (*Sorghum bicolor* L.) and cowpea (*Vigna unguiculata* L.) under complete and limited irrigation conditions. Agroecology, 3(1): 25-35. (In Persian).
- Seyedi M and Hamzei J. 2020. Effect of conservation tillage and intercropping with beans and soybeans on weed competition, production potential and water and nitrogen use efficiency of sunflower. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 30(1): 1-17. (In Persian).
- Shafagi A, Abbasdokht H, Gholipoor M. 2020. Effect of nitroxin and urea fertilizers on some quantitative and qualitative traits of corn and fenugreek forage based on additive intercropping in South Khorasan. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 30(1): 257-277.
- Sharafi S. 2020. Effects of different irrigation levels on the qualitative and quantitative performance of forage in the intercropping of corn (*Zea mays*) with snail medic (*Medicago scutellata*) under competition with weeds. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 30(3): 41-60.
- Strydhorst SM, King JR, Lopetinsky KJ and Neil Harker K. 2008. Forage potential of intercropping barley with faba bean, lupin, or field pea. Agronomy Journal, 100: 182-190.
- Ul-Allah S, Khan AA, Fricke T, Buerkert A and Wachendorf M. 2014. Fertilizer and irrigation effects on forage protein and energy production under semi-arid conditions of Pakistan. Field Crops Research, 159: 62-69.
- Van Soest PJ. 1963. The use of detergents in the analysis of fiber feeds. II. A rapid method for the determination of fiber and lignin. Association of Official Analytical Chemists, 46: 829-835.
- Vlachostergios DN, Lithourgidis AS and Dordas CA. 2018. Agronomic, forage quality and economic advantages of red pea (*Lathyrus cicera* L.) intercropping with wheat and oat under low- input farming. Grass and Forage Science, 73(3): 777-788.

Yu Y, Stomph TJ, Makowski D and Van Der Werf W. 2015. Temporal niche differentiation increases the land equivalent ratio of annual intercroops: A meta-analysis. *Field Crops Research*, 184: 133-144.