

اثر نسبت‌های افزایشی و جایگزینی در کشت مخلوط سورگوم علوفه‌ای (*Sorghum bicolor* L. Moench) و شبدر برسیم (*Trifolium alexandrinum* L.) بر تولید علوفه

Effect of additive and replacement intercropping ratios of forage sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) and berseem clover (*Trifolium alexandrinum* L.) on forage production

نغمه عاشوری^۱، مهرداد عبدی^۲، فرید گل‌زردی^۳، جلیل اجلی^۴ و محمدنبی ایلکایی^۵

چکیده

عاشوری، ن.، م. عبدی، ف. گل‌زردی، ج. اجلی و م. ن. ایلکایی. ۱۳۹۹. اثر نسبت‌های افزایشی و جایگزینی در کشت مخلوط سورگوم علوفه‌ای (*Sorghum bicolor* L. Moench) و شبدر برسیم (*Trifolium alexandrinum* L.) بر تولید علوفه. نشریه علوم زراعی ایران. ۲۲ (۲): ۲۵۱-۲۳۹.

به منظور ارزیابی تولید علوفه و نسبت برابری زمین در تیمارهای کشت مخلوط افزایشی و جایگزینی دو گیاه سورگوم علوفه‌ای و شبدر برسیم، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با هشت تیمار و سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج طی سال‌های زراعی ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل هشت نسبت کشت مخلوط ۷۵ درصد سورگوم + ۲۵ درصد شبدر، ۵۰ درصد سورگوم + ۵۰ درصد شبدر و ۲۵ درصد سورگوم + ۷۵ درصد شبدر (به صورت جایگزینی)؛ ۱۰۰ درصد سورگوم + ۵۰ درصد شبدر، ۵۰ درصد سورگوم + ۱۰۰ درصد شبدر و ۱۰۰ درصد سورگوم + ۱۰۰ درصد شبدر (به صورت افزایشی) و کشت خالص سورگوم و کشت خالص شبدر برسیم بودند. در این تحقیق عملکرد علوفه خشک سورگوم و شبدر، عملکرد معادل سورگوم و شبدر، محتوای پروتئین خام، قابلیت هضم ماده خشک، عملکرد پروتئین خام، عملکرد ماده خشک قابل هضم و نسبت برابری زمین برای تولید علوفه خشک و پروتئین مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد معادل سورگوم، عملکرد معادل شبدر، پروتئین خام و ماده خشک قابل هضم (به ترتیب ۳۷۵۹۸، ۱۷۹۱۵، ۳۱۶۳ و ۱۷۷۵۴ کیلوگرم در هکتار) از تیمار ۱۰۰ درصد شبدر + ۱۰۰ درصد سورگوم به دست آمد. کشت مخلوط ۱۰۰ درصد سورگوم + ۵۰ درصد شبدر نیز با تولید ۱۶۴۵۵ کیلوگرم ماده خشک قابل هضم در هکتار در گروه برتر قرار گرفت. بالاترین نسبت برابری زمین برای تولید علوفه خشک و پروتئین (به ترتیب ۱/۶۱ و ۱/۷۱) در کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰ درصد شبدر + ۱۰۰ درصد سورگوم به دست آمد. تیمارهای افزایشی ۱۰۰ درصد شبدر + ۵۰ درصد سورگوم و ۵۰ درصد شبدر + ۱۰۰ درصد سورگوم نیز نسبت‌های برابری زمین بالایی داشته و در گروه برتر قرار گرفتند. بر اساس نتایج این آزمایش، کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰ درصد شبدر + ۱۰۰ درصد سورگوم به عنوان تیمار برتر شناخته شده و جهت توسعه کشاورزی پایدار در تولید این دو گیاه علوفه‌ای مناسب تر است.

واژه‌های کلیدی: پروتئین خام، شبدر برسیم، عملکرد معادل، قابلیت هضم ماده خشک و نسبت برابری زمین.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۷/۱۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۷/۰۷ این مقاله مستخرج از رساله دکتری نگارنده اول و پروژه تحقیقاتی مصوب شماره ۹۵۱۱۸-۰۳-۰۳-۲ مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر می‌باشد
۱- دانشجوی دکتری، 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. (مکاتبه کننده)

(پست الکترونیک: f.golzardi@areeo.ac.ir)

۴- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد میانه، دانشگاه آزاد اسلامی، میانه، ایران.

۵- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد کرج، دانشگاه آزاد اسلامی، کرج، ایران..

مقدمه

کشت مخلوط نمونه‌ای از نظام‌های پایدار کشاورزی است که اهدافی مانند ایجاد تعادل اکولوژیک، بهره‌برداری بیشتر از منابع و افزایش عملکرد گیاهان زراعی را دنبال می‌کند (Lithourgidis *et al.*, 2006). نتایج فراتحلیل نشان داده است که در سرتاسر دنیا نظام‌های کشت مخلوط می‌توانند باعث افزایش عملکرد و پایداری عملکرد شده و در نتیجه سهم مهمی در تولید پایدار محصولات کشاورزی برای پاسخگویی به تقاضای جهانی غذا ایفا نمایند (Raseduzzaman and Jensen, 2017). در بین انواع نظام‌های زراعی، کشت مخلوط غلات با بقولات یکی از اقتصادی‌ترین و مؤثرترین راهکارها برای افزایش پتانسیل تولید علوفه و ارتقای بازده اقتصادی شناخته شده است (Iqbal *et al.*, 2019).

سورگوم گیاهی مقاوم به خشکی و دارای مسیر فتوسنتزی چهار کربنی است که با داشتن ریشه‌های افشان و گسترده به اعماق (بیش از دو متر) خاک نفوذ کرده و رطوبت از موجود در خاک را به نحو کارآمدی جذب می‌کند (Golzardi *et al.*, 2019). شبردر برسیم گیاهی با مسیر فتوسنتزی سه کربنی و دارای ریشه‌های راست، کم عمق، ضخیم و با انشعابات اندک است که فقط تا عمق ۴۰ تا ۶۰ سانتی متری خاک نفوذ می‌کند. ریشه‌های شبردر برسیم به دلیل همزیستی با باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن، می‌توانند نقش مهمی را در بوم‌نظام‌های زراعی ایفا کنند (Muhammad *et al.*, 2014). در بسیاری از مناطق دارای محدودیت، از جمله شرایط کم آبی و همچنین در خاک‌های کم حاصلخیز، سورگوم علوفه‌ای جایگزین مناسبی برای ذرت محسوب می‌شود (Khazaei *et al.*, 2019).

تغییر اقلیم و گسترش تنش‌های محیطی در سال‌های اخیر باعث کاهش عملکرد گیاهان زراعی شده است، بنابراین شناسایی راهکارهای مناسب برای

مقابله با چنین شرایطی ضروری به نظر می‌رسد (Golzardi *et al.*, 2012). کشت مخلوط بقولات با سورگوم می‌تواند اثرات منفی تنش‌های محیطی (از جمله خشکی و گرما) بر تولید علوفه آن‌ها را کاهش دهد. به عنوان مثال کشت مخلوط برای کاهش اثر تنش خشکی بر تولید علوفه خلر و سورگوم مناسب است. دهمرده و همکاران (Dahmardeh *et al.*, 2012) با ارزیابی تولید علوفه در کشت مخلوط ذرت و لویا چشم‌بلیبی گزارش کردند که بالاترین عملکرد علوفه خشک (۳۰۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ۱۰۰ درصد ذرت + ۱۰۰ درصد لویا چشم‌بلیبی حاصل شد. شبیری و همکاران (Shobeirri *et al.*, 2011) گزارش کردند که تیمار کشت مخلوط ۵۰ درصد ماشک گل خوشه‌ای + ۵۰ درصد تربیتکاله با تولید ۸۸۵۰ کیلوگرم علوفه خشک در هکتار و نسبت برابری زمین ۱/۳۳ بیشترین عملکرد را داشت.

به‌طور کلی گیاهان دارای مسیر فتوسنتزی چهار کربنی نیاز نوری و دمایی بالاتری نسبت به گیاهان سه کربنی دارند (Hibberd *et al.*, 2008) و به نظر می‌رسد که با توجه به نیاز نوری و دمایی پایین تر شبردر، این گیاه بتواند در سایه‌انداز سورگوم رشد مناسبی داشته باشد. نتایج فراتحلیل ۳۳۱۳ مقاله در زمینه کشت مخلوط که توسط یو و همکاران (Yu *et al.*, 2015) انجام شد نشان داد که کشت مخلوط گیاهان سه کربنی با چهار کربنی می‌تواند بهره‌وری اراضی کشاورزی دنیا را به‌طور قابل توجهی افزایش دهد. به علاوه تفاوت سیستم ریشه‌ای و محدوده متفاوت جذب آب و عناصر غذایی از خاک در سورگوم و شبردر باعث می‌شود که در کشت مخلوط این گیاهان، ریشه‌های دو گونه تداخلی در فرایند جذب گونه دیگر ایجاد نکند. بدین صورت که شبردر برسیم از رطوبت لایه سطحی خاک و سورگوم از رطوبت عمق‌های پایین تر (که ریشه شبردر به آن دسترسی ندارد) استفاده خواهند کرد.

با توجه به سوابق و نتایج مثبت تحقیقات انجام شده

شبدر برسیم تولیدی کرج، یک رقم چندچین با سرعت رشد مجدد بالا، ارتفاع بوته بلند و دارای قابلیت کشت پاییزه و بهاره است که تولید بذر آن در حال حاضر توسط مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر انجام می‌شود. رقم اسپیدفید که رایج‌ترین رقم سورگوم علوفه‌ای در کشور است، یک هیبرید چندچین و زودرس با پتانسیل بالای تولید علوفه است و به طور متوسط هر ۶۰ تا ۷۰ روز، یک چین علوفه تولید می‌کند و برای تولید علوفه تر و خشک و همچنین چرای مستقیم مناسب می‌باشد (Golzardi et al., 2019; Khazaei et al., 2019). جهت کاشت سورگوم و شبدر برسیم در تیمارهای کشت خالص، بر اساس دستورالعمل فنی ارقام مذکور به ترتیب ۱۵ و ۲۵ کیلوگرم بذر در هکتار استفاده شد. در تیمارهای مخلوط نیز بر اساس نسبت مخلوط ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصدی، به ترتیب ۳/۷۵، ۷/۵۰ و ۱۱/۲۵ کیلوگرم بذر سورگوم و ۶/۲۵، ۱۲/۵۰ و ۱۸/۷۵ کیلوگرم بذر شبدر در هکتار مصرف شد. بعد از استقرار بوته‌های سورگوم، تنک بوته‌های اضافی انجام و تراکم بر اساس ۲۰ بوته در مترمربع تنظیم شد، به نحوی که فاصله بین دو بوته سورگوم روی خطوط کاشت، هشت سانتی متر بود. تراکم شبدر برسیم نیز ۱۶۷ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. نتایج آزمون خاک در جدول ۱ ارائه شده است.

زمان برداشت چین اول و دوم در سورگوم، ظهور اولین گل آذین‌ها بود. در هنگام چین اول و دوم، بوته‌های شبدر برسیم به ترتیب در مرحله ۱۰ و ۵۰ درصد گلدهی بودند. معیار برداشت چین سوم نیز مرحله ۲۵ درصد گلدهی شبدر بود. جهت تعیین عملکرد علوفه، از چهار ردیف وسط هر کرت با حذف ۵۰ سانتی متر از ابتدا و انتهای کلیه ردیف‌ها به عنوان حاشیه، بوته‌ها برداشت و بعد از توزین، عملکرد علوفه سورگوم و شبدر به تفکیک محاسبه شدند. جهت تعیین عملکرد علوفه خشک، نمونه برداری سورگوم و

در مورد کشت مخلوط غلات چهار کربنی با بقولات سه کربنی، این پژوهش با هدف ارزیابی پتانسیل تیمارهای کشت مخلوط افزایشی و جایگزینی سورگوم علوفه‌ای و شبدر برسیم برای افزایش تولید علوفه اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر - کرج طی دو سال زراعی ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل هشت نسبت کاشت مخلوط (سه سری جایگزینی، سه سری افزایشی و کشت خالص سورگوم و شبدر برسیم) بودند. در سری‌های جایگزینی نسبت‌های ۷۵ درصد سورگوم + ۲۵ درصد شبدر، ۵۰ درصد سورگوم + ۵۰ درصد شبدر و ۲۵ درصد سورگوم + ۷۵ درصد شبدر و در سری‌های افزایشی نسبت‌های ۱۰۰ درصد سورگوم + ۵۰ درصد شبدر، ۵۰ درصد سورگوم + ۱۰۰ درصد شبدر و ۱۰۰ درصد سورگوم + ۱۰۰ درصد شبدر مورد ارزیابی قرار گرفتند.

هر کرت شامل شش ردیف کاشت (جوی و پشته) به طول شش متر بود و فاصله بین پشته‌ها ۶۰ سانتی متر در نظر گرفته شد. در تیمارهای کشت خالص و کشت مخلوط جایگزینی، از الگوی کاشت یک‌ردیفه استفاده شد و عملیات کاشت در وسط پشته‌ها انجام شد. در تیمارهای کشت مخلوط افزایشی، از الگوی کاشت دوردیفه استفاده شد و دو گیاه مورد بررسی در طرفین پشته‌ها کاشته شدند، به طوری که فاصله بین بوته‌های سورگوم و شبدر در طرفین هر پشته ۲۰ سانتی متر در نظر گرفته شد. در هر دو سال آزمایش، کاشت در ابتدای خرداد انجام شد. بذر شبدر برسیم (تولیدی کرج) و سورگوم علوفه‌ای (رقم اسپیدفید) از بخش تحقیقات ذرت و گیاهان علوفه‌ای (مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج) تهیه شدند.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1. Physical and chemical properties of the soil at the experimental site

بافت خاک Texture	نیترژن کل Total Nitrogen (%)	فسفر قابل جذب Available Phosphorus (mg.kg ⁻¹)	پتاسیم قابل جذب Available Potassium (mg.kg ⁻¹)	ماده آلی Organic matter (%)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC (dS.m ⁻¹)
لوم-رسی Clay-loam	0.06	12.6	256	0.58	7.24	2.22

$$LERs = Y_{si} / Y_s \quad (\text{رابطه ۵})$$

LERC و LERS: به ترتیب عملکرد نسبی شبدر و سورگوم، Y_{ci} و Y_{si} : به ترتیب عملکرد شبدر و سورگوم در کشت مخلوط و Y_c و Y_s : به ترتیب عملکرد شبدر و سورگوم در تک کشتی می‌باشند. بر اساس نتایج آزمون بارتلت و همگن بودن (یکنواختی) واریانس خطاهای آزمایشی در دو سال، داده‌ها به صورت مرکب تجزیه شده و با توجه به غیرمعنی دار شدن اثر سال در تیمار، میانگین دوساله صفات گزارش شد. محاسبات آماری با استفاده از نرم افزار آماری SAS 9.1 و مقایسه میانگین‌ها با روش LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر تیمارهای کشت مخلوط بر عملکرد علوفه خشک در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود. حداکثر عملکرد علوفه خشک سورگوم و شبدر (به ترتیب ۲۴۰۲۳ و ۱۰۷۰۸ کیلوگرم در هکتار) در کشت خالص این گیاهان حاصل شد. به علاوه سری افزایشی ۱۰۰ درصد شبدر+۱۰۰ درصد سورگوم با تولید ۲۲۴۸۵ کیلوگرم علوفه خشک سورگوم در هکتار در گروه آماری برتر قرار گرفت (جدول ۲). در تیمار ۱۰۰ درصد شبدر+۱۰۰ درصد سورگوم، میزان اُفت عملکرد سورگوم و شبدر نسبت به تیمارهای کشت خالص این گیاهان به ترتیب ۶/۴ و ۳۲/۷ درصد بود که نشان‌دهنده تأثیرپذیری کمتر سورگوم از رقابت بین گونه‌ای با شبدر است؛ در حالی

شبدر به طور تصادفی انجام و در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی گراد تا ثابت شدن وزن، خشکانده شدند. بر اساس درصد ماده خشک در نمونه‌های سورگوم و شبدر، عملکرد علوفه خشک آن‌ها محاسبه شد. به منظور مقایسه بهتر تیمارهای کشت مخلوط، عملکرد علوفه خشک شبدر در هر تیمار به عملکرد معادل سورگوم (EYs) تبدیل شد. برای این منظور از رابطه‌های ۱ و ۲ استفاده شد (Agegnehu *et al.*, 2006):

$$EYc = Yc + [Ys \times (Ps / Pc)] \quad (\text{رابطه ۱})$$

$$EYs = Ys + [Yc \times (Pc / Ps)] \quad (\text{رابطه ۲})$$

EYc و EYs: به ترتیب عملکرد معادل شبدر و عملکرد معادل سورگوم (کیلوگرم در هکتار)، Y_c و Y_s : به ترتیب عملکرد شبدر و سورگوم (کیلوگرم در هکتار) و P_s و P_c : به ترتیب قیمت هر کیلوگرم علوفه خشک شبدر و سورگوم (ریال بر کیلوگرم) هستند. قیمت هر کیلوگرم علوفه خشک سورگوم و شبدر در سال ۱۳۹۵ به ترتیب ۳۰۰۰ و ۶۲۵۰ ریال و در سال ۱۳۹۶ به ترتیب ۳۵۰۰ و ۷۴۰۰ ریال بود. با این روش کل عملکرد هر کرت بر مبنای عملکرد سورگوم محاسبه شده و مقایسه تیمارها به سادگی قابل انجام خواهد بود (Agegnehu *et al.*, 2006).

برای ارزیابی کارایی و سودمندی کشت مخلوط از شاخص نسبت برابری زمین (LER) استفاده شد. برای محاسبه این شاخص از رابطه‌های ۳، ۴ و ۵ استفاده شد (Mead and Willey, 1980):

$$LER = LERc + LERS \quad (\text{رابطه ۳})$$

$$LERc = Y_{ci} / Y_c \quad (\text{رابطه ۴})$$

سورگوم به دست آمد که می‌تواند با تراکم نسبی این گیاهان در ترکیب مخلوط مرتبط باشد (جدول ۲). احمد و همکاران (Ahmad et al., 2007) گزارش کردند که کشت مخلوط سورگوم و بقولات (لوبیا چشم‌بلبلی، گوار، ماش و سزبانا) به‌صورت افزایشی و دوردیفه (در طرفین پشته‌ها) باعث افزایش معنی‌دار عملکرد علوفه و زیست‌توده شد.

که عملکرد شبدر تحت تأثیر رقابت با سورگوم، اُفت شدیدتری داشت که می‌تواند به تفاوت در ارتفاع بوته و آرایش پوشش گیاهی آن‌ها مرتبط باشد (Iqbal et al., 2019).

حداقل عملکرد علوفه خشک سورگوم و شبدر (به ترتیب ۹۴۲۹ و ۳۱۱۲ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب در تیمارهای کشت مخلوط ۷۵ درصد شبدر + ۲۵ درصد سورگوم و ۲۵ درصد شبدر + ۷۵ درصد

جدول ۲- مقایسه میانگین عملکرد علوفه خشک (کیلوگرم در هکتار) در تیمارهای کشت مخلوط سورگوم و شبدر برسیم

Table 2. Mean comparison of total dry forage yield (kg.ha⁻¹) in sorghum and berseem clover intercropping treatments

نسبت‌های مخلوط					
Intercropping ratios (%)					
سورگوم	شبدر	سورگوم	شبدر	معادل سورگوم	معادل شبدر
Sorghum	Clover	Sorghum	Clover	EYs	EYc
100	0	24023a	-	24023d	11449d
0	100	-	10708a	22476d	10708d
100	100	22485ab	7204c	37598a	17915a
100	50	21383b	6237d	34476b	16431b
50	100	14489d	9790b	35038ab	16693ab
75	25	18407c	3112e	24938d	11891d
50	50	15779d	6470cd	29354c	13988c
25	75	9429e	9012b	28344c	13501c
LSD (0.05)		1580	816	2874	1371

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test

EYs: عملکرد معادل سورگوم و EYc: عملکرد معادل شبدر

EYs: Equivalent yield of sorghum and EYc: Equivalent yield of clover

سورگوم و شبدر به ترتیب ۴۵/۸ و ۵۵/۹ درصد افزایش داشت. عملکرد معادل سورگوم و شبدر در سری‌های افزایشی به‌طور معنی‌داری بیشتر از سری‌های جایگزینی بود و بین کشت خالص شبدر و کشت خالص سورگوم از این نظر تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). پوشش بیشتر سطح خاک در تیمارهای کشت مخلوط افزایشی می‌تواند با کاهش سهم تبخیر در تخلیه رطوبتی خاک، باعث افزایش بهره‌وری آب شود (Iqbal et al., 2019)، بنابراین قسمت اعظم رطوبت خاک، صرف تعرق گیاهان زراعی شده

اثر تیمارهای کشت مخلوط بر عملکرد معادل سورگوم و شبدر معنی‌دار بود. حداکثر عملکرد معادل سورگوم و شبدر (به ترتیب ۳۷۵۹۸ و ۱۷۹۱۵ کیلوگرم در هکتار) در سری افزایشی ۱۰۰ درصد شبدر + ۱۰۰ درصد سورگوم به‌دست آمد که در مقایسه با کشت خالص سورگوم و شبدر به ترتیب ۵۶/۵ و ۶۷/۳ درصد برتری داشت (جدول ۲). عملکرد معادل سورگوم و شبدر در تیمار ۱۰۰ درصد شبدر + ۵۰ درصد سورگوم (به ترتیب ۳۵۰۳۸ و ۱۶۶۹۳ کیلوگرم در هکتار) نیز در گروه آماری برتر قرار گرفت و نسبت به کشت خالص

بودن پروتئین علوفه، کمترین عملکرد پروتئین خام (۱۷۲۴ کیلوگرم در هکتار) حاصل شد (جدول ۳). صادق پور و همکاران (Sadeghpour *et al.*, 2014) نیز گزارش کردند که بیشترین عملکرد پروتئین خام در تیمار کشت مخلوط ۵۰ درصد یونجه یکساله + ۵۰ درصد جو و کمترین مقدار آن در کشت خالص یونجه یکساله حاصل شد.

تیمارهای کشت مخلوط اثر معنی داری بر قابلیت هضم ماده خشک شبدر و سورگوم نداشتند. بیشترین قابلیت هضم ماده خشک شبدر و سورگوم (به ترتیب ۶۵/۶۸ و ۵۹/۲۴ درصد) در تیمارهای کشت خالص دو گیاه مشاهده شد، هر چند تفاوت آنها معنی دار نبود (جدول ۳). اثر تیمارهای کشت مخلوط بر عملکرد ماده خشک قابل هضم معنی دار بود. تیمار ۱۰۰ درصد شبدر + ۱۰۰ درصد سورگوم بیشترین عملکرد ماده خشک قابل هضم (۱۷۷۵۴ کیلوگرم در هکتار) را تولید کرد که نسبت به کشت خالص سورگوم، ۲۴/۶ درصد برتری داشت. تیمار ۵۰ درصد شبدر + ۱۰۰ درصد سورگوم نیز با تولید ۱۶۴۵۵ کیلوگرم ماده خشک قابل هضم در هکتار در گروه آماری برتر قرار گرفت (جدول ۳). مجیدی دیزج و همکاران (Majidi Dizadj *et al.*, 2014) در آزمایش کشت مخلوط یونجه و اسپرس گزارش کردند که حداکثر قابلیت هضم ماده خشک در تیمار کشت خالص اسپرس و حداکثر محتوی پروتئین در کشت خالص شبدر حاصل شد. صالحی و همکاران (Salehi *et al.*, 2018) نیز با ارزیابی کشت مخلوط تریتیکاله با بقولات یکساله گزارش کردند که تیمارهای کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص تریتیکاله باعث افزایش کیفیت علوفه شدند.

نتایج نشان داد که اثر تیمارهای کشت مخلوط بر نسبت برابری زمین برای تولید علوفه خشک معنی دار بود. بالاترین نسبت برابری زمین برای عملکرد علوفه خشک (۱/۶۱) در سری افزایشی ۱۰۰ درصد شبدر + ۱۰۰ درصد سورگوم محاسبه شد، به عبارت دیگر برای

و به دنبال آن فتوستت و عملکرد آنها افزایش می یابد (Golzardi *et al.*, 2017). فرصتیان و همکاران (Forsatian *et al.*, 2009) در ارزیابی کشت مخلوط سورگوم علوفه ای با لویا چشم بلبلی و سویا گزارش کردند که کشت سویا و لویا چشم بلبلی در طرفین ردیف های کشت سورگوم، ضمن کاهش رقابت بین گونه ای، باعث افزایش عملکرد علوفه شد. تیمارهای کشت مخلوط غلات و بقولات به علت تفاوت در خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی ریشه ها، باعث افزایش کارایی جذب و مصرف عناصر غذایی می شوند (Ghosh *et al.*, 2006). متفاوت بودن ساختار و طول ریشه سورگوم و شبدر باعث می شود که عناصر غذایی از افق های مختلف خاک جذب شده و بین دو گونه رقابت اندکی برای جذب آب و عناصر غذایی وجود داشته باشد (Pal and Sheshu, 2001). کشت مخلوط غلات با بقولات علاوه بر افزایش غلظت عناصر غذایی پر مصرف (مانند نیتروژن و فسفر) در ریشه و اندام هوایی گیاهان زراعی، جذب عناصر غذایی کم مصرف را نیز بهبود می بخشد (Inal *et al.*, 2007).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای کشت مخلوط بر محتوی پروتئین شبدر و سورگوم معنی دار نبود. با این وجود محتوی پروتئین علوفه سورگوم در تیمار ۱۰۰ درصد شبدر + ۱۰۰ درصد سورگوم نسبت به کشت خالص سورگوم، ۹/۷ درصد افزایش داشت. در سایر تیمارهای کشت مخلوط نیز میزان پروتئین علوفه سورگوم بیشتر از کشت خالص آن بود، هر چند این برتری معنی دار نبود (جدول ۳). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمارهای کشت مخلوط اثر معنی داری بر عملکرد پروتئین خام نداشتند. حداکثر عملکرد پروتئین خام (۳۱۶۳ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ۱۰۰ درصد شبدر + ۱۰۰ درصد سورگوم حاصل شد که نسبت به کشت خالص سورگوم ۶۲/۸ درصد برتری داشت. در کشت خالص شبدر با وجود بالاتر

" اثر نسبت‌های افزایشی و جایگزینی در کشت...، عاشوری و همکاران، ۱۳۹۹، ۲۵۱-۲۳۹"

جدول ۳- مقایسه میانگین کیفیت علوفه در تیمارهای کشت مخلوط سورگوم و شبدر برسیم

Table 3. Mean comparison of forage quality in sorghum and berseem clover intercropping treatments

نسبت‌های مخلوط Intercropping ratios (%)		پروتئین خام Crude protein content (%)		عملکرد پروتئین خام Crude protein yield (kg.ha ⁻¹)	قابلیت هضم ماده خشک Dry matter digestibility (%)		عملکرد ماده خشک قابل هضم Digestible dry matter yield (kg.ha ⁻¹)
سورگوم Sorghum	شبدر Clover	سورگوم Sorghum	شبدر Clover		سورگوم Sorghum	شبدر Clover	
100	0	8.0a	-	1943de	59.2a	-	14248b
0	100	-	16.0a	1724e	-	65.6a	7031e
100	100	8.8a	16.2a	3163a	58.0a	65.3a	17754a
100	50	8.3a	16.3a	2811b	57.8a	65.1a	16455a
50	100	8.4a	15.9a	2764b	58.0a	65.1a	14806b
75	25	8.6a	15.7a	2072cd	57.5a	65.6a	12643cd
50	50	8.3a	15.9a	2353c	58.3a	64.9a	13402bc
25	75	8.4a	15.8a	2226cd	58.1a	64.7a	11321d
LSD (0.05)		1.08	1.48	307	3.14	1.98	1474

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test

خشک در سری‌های افزایشی به‌طور معنی‌داری بیشتر از سری‌های جایگزینی بود، با این حال در کلیه تیمارهای مخلوط، نسبت برابری زمین بیشتر از یک بود که نشان‌دهنده مزیت نسبی کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص می‌باشد. در اکثر تیمارهای کشت مخلوط، عملکرد نسبی سورگوم بیشتر از شبدر بود (جدول ۴)، بنابراین می‌توان چنین استنباط کرد که سورگوم در تیمارهای کشت مخلوط، تأثیر مثبت بیشتری از همراهی با شبدر پذیرفته و این موضوع باعث بهبود عملکرد نسبی آن در مقایسه با شبدر شده است. این موضوع می‌تواند به تثبیت بیولوژیکی نیتروژن و انتقال آن از شبدر به سورگوم و همچنین مزیت رقابتی سورگوم در کشت مخلوط برای استفاده بهینه از منابع رشد مرتبط باشد (Ghosh *et al.*, 2009).

تولید عملکرد مشابه در تک کشتی، ۶۱ درصد سطح زمین بیشتر مورد نیاز خواهد بود. در تیمار ۱۰۰ درصد شبدر + ۱۰۰ درصد سورگوم، عملکرد نسبی سورگوم و شبدر به ترتیب ۰/۹۴ و ۰/۶۷ بود که نشان می‌دهد عملکرد سورگوم و شبدر نسبت به حالت تک کشتی آن‌ها به ترتیب ۶ و ۳۳ درصد کاهش داشته است، بنابراین سورگوم در مقایسه با شبدر، اثر مثبت بیشتری از همراهی در کشت مخلوط پذیرفته و اثر کاهشی کشت مخلوط بر شبدر بیشتر از سورگوم بوده است. به علاوه سری‌های افزایشی ۱۰۰ درصد شبدر + ۵۰ درصد سورگوم و همچنین ۵۰ درصد شبدر + ۱۰۰ درصد سورگوم نیز به ترتیب با نسبت‌های برابری زمین ۱/۵۲ و ۱/۴۷، در گروه آماری برتر قرار گرفتند (جدول ۴). به‌طور کلی نسبت برابری زمین برای تولید علوفه

جدول ۴- نسبت برابری زمین برای تولید علوفه خشک و پروتئین در تیمارهای کشت مخلوط سورگوم و شبدر برسیم
Table 4. Land equivalent ratio (LER) for dry forage and protein in sorghum and berseem clover intercropping

treatments								
نسبت‌های مخلوط Intercropping ratios (%)		نسبت برابری زمین برای تولید علوفه خشک LER for dry forage production			نسبت برابری زمین برای تولید پروتئین LER for protein production			
سورگوم Sorghum	شبدر Clover	سورگوم Sorghum	شبدر Clover	مجموع Total	سورگوم Sorghum	شبدر Clover	مجموع Total	
100	100	0.94a	0.67b	1.61a	1.03a	0.68c	1.71a	
100	50	0.89a	0.58b	1.47a	0.92b	0.59d	1.51b	
50	100	0.60c	0.92a	1.52a	0.63d	0.91a	1.53b	
75	25	0.76b	0.29c	1.05c	0.82c	0.28e	1.10d	
50	50	0.66c	0.61b	1.27b	0.68d	0.60d	1.28c	
25	75	0.40d	0.84a	1.24b	0.41e	0.83b	1.24cd	
LSD (0.05)		0.07	0.09	0.15	0.09	0.06	0.17	

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند
Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test

دو ردیف سورگوم با یک ردیف سویا حاصل شد (Aydemir and Kızılışımşek, 2019). برای بهره‌برداری مناسب از زمین و عوامل محیطی لازم است که شاخصاره گیاه زراعی ساختار مناسبی داشته باشد تا در کمترین زمان، تمام آشیان اکولوژیکی ممکن را اشغال کرده و از منابع محیطی (آب، نور و مواد غذایی) بیشترین بهره را ببرد

آیدمیر و کیزیلیسیمسک (Aydemir and Kızılışımşek, 2019) نیز گزارش کردند که در کلیه نسبت‌های مخلوط سورگوم و سویا، نسبت برابری زمین بیشتر از یک بود. ایشان بیان کردند که با توجه به غالب بودن سورگوم، افزایش تراکم آن باعث افزایش نسبت برابری زمین برای تولید علوفه خشک شد و بالاترین نسبت برابری زمین در کشت مخلوط

محتوی پروتئین خام سورگوم در سری افزایشی ۱۰۰ درصد شبدر+۱۰۰ درصد سورگوم ۸/۸۵ درصد و در کشت خالص ۸/۰۷ درصد بود (جدول ۳)، بنابراین هرچند بین این دو مقدار تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، ولی به نظر می‌رسد که در این تیمار حضور شبدر در کنار سورگوم، باعث افزایش جزئی در محتوی پروتئین خام علوفه و افزایش عملکرد نسبی پروتئین سورگوم شده است که این موضوع می‌تواند به تثبیت بیولوژیکی نیتروژن و انتقال آن از شبدر به سورگوم در کشت مخلوط مرتبط باشد (Ghosh *et al.*, 2009). کمترین نسبت برابری زمین برای تولید پروتئین (۱/۱۰) نیز مشابه با کمترین میزان این شاخص برای تولید علوفه خشک، در تیمار ۲۵ درصد شبدر+۷۵ درصد سورگوم حاصل شد (جدول ۴). به‌طور کلی تیمارهای کشت مخلوط افزایشی در مقایسه با سری‌های جایگزینی، نسبت برابری زمین بالاتری برای تولید پروتئین داشتند. در کلیه تیمارهای کشت مخلوط، نسبت برابری زمین برای تولید پروتئین بیشتر از یک بود که این موضوع برتری تیمارهای کشت مخلوط نسبت به کشت خالص را نشان می‌دهد (جدول ۴). با توجه به بالاتر بودن عملکرد نسبی پروتئین سورگوم در بیشتر تیمارهای مخلوط، می‌توان نتیجه گرفت که عملکرد پروتئین سورگوم، تأثیر مثبت بیشتری از همراهی با شبدر پذیرفته است (جدول ۴). هوگارد-نیلسون و همکاران (Hauggaard-Nielsen *et al.*, 2001) گزارش کردند که وقتی در کشت مخلوط، بقولات در کنار غلات قرار می‌گیرند، به دلیل اثر هم‌افزایی بین گونه‌ها، تثبیت نیتروژن و تعداد گره‌های فعال در گونه بقولاتی افزایش یافته و باعث افزایش عملکرد پروتئین در گونه غلاتی می‌شود.

احمدی و همکاران (Ahmadi *et al.*, 2017) نیز در ارزیابی کشت مخلوط شبدر برسیم و یولاف نتایج مشابهی را گزارش کردند. آن‌ها دلیل برتری تیمارهای کشت مخلوط را فراهم بودن آشیان‌های اکولوژیکی

(Ahmadvand and Hajinia, 2016). در کشت مخلوط غلات با بقولات، شاخساره‌های دو گونه در کوتاه‌ترین زمان ممکن و در ترکیب با یکدیگر به یک تیپ مطلوب رسیده و بیشترین بهره‌برداری از زمین و عوامل محیطی امکان‌پذیر می‌شود (Banik *et al.*, 2006).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای کشت مخلوط بر نسبت برابری زمین برای عملکرد پروتئین در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. در تیمارهای کشت مخلوط، نسبت برابری زمین برای تولید پروتئین اندکی بیشتر از مقادیر این شاخص برای تولید علوفه خشک بود که این موضوع به علت برتری عملکرد نسبی پروتئین سورگوم در مقایسه با عملکرد نسبی علوفه خشک این گیاه است (جدول ۴). به نظر می‌رسد که عملکرد پروتئین سورگوم بیشتر از عملکرد علوفه خشک این گیاه از همراهی با شبدر در کشت مخلوط تأثیر مثبت پذیرفته که این موضوع می‌تواند به تثبیت بیولوژیکی نیتروژن توسط گونه بقولاتی و بهبود جذب نیتروژن و تولید پروتئین در گونه غلاتی مرتبط باشد (Hauggaard-Nielsen *et al.*, 2001). مشابه با شاخص نسبت برابری زمین برای عملکرد علوفه خشک، حداکثر نسبت برابری زمین برای عملکرد پروتئین نیز در سری افزایشی ۱۰۰ درصد شبدر+۱۰۰ درصد سورگوم به دست آمد (۱/۷۱)، به عبارت دیگر برای تولید عملکرد پروتئین مشابه با این تیمار در تک‌کشتی، ۷۱ درصد زمین بیشتری مورد نیاز خواهد بود.

در تیمار ۱۰۰ درصد شبدر+۱۰۰ درصد سورگوم، عملکرد نسبی پروتئین سورگوم و شبدر به ترتیب ۱/۰۳ و ۰/۶۸ بود که نشان‌دهنده افزایش سه درصدی عملکرد پروتئین سورگوم و کاهش ۳۲ درصدی عملکرد پروتئین شبدر نسبت به تک‌کشتی آن‌ها است، بنابراین سورگوم در این تیمار، تأثیر مثبت بیشتری از همراهی با شبدر در کشت مخلوط پذیرفته و این موضوع باعث بهبود عملکرد نسبی پروتئین آن در مقایسه با شبدر شد.

عملکرد علوفه، نقش بیشتری ایفا می کند. در کلیه تیمارهای کشت مخلوط سورگوم و شبدر برسیم، نسبت برابری زمین بیشتر از یک بود که این موضوع نشان دهنده بالا بودن کارایی بهره برداری از منابع در تیمارهای مخلوط مورد ارزیابی است. نتایج این آزمایش نشان داد که تیمار کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰ درصد شبدر + ۱۰۰ درصد سورگوم با تولید بالاترین عملکرد معادل، پروتئین خام و ماده خشک قابل هضم و بیشترین نسبت برابری زمین، تیمار برتر بود. تیمارهای کشت مخلوط افزایشی سورگوم و شبدر علاوه بر تولید بیشتر علوفه و بهبود تنوع در زیست بوم های کشاورزی، می توانند باعث افزایش در آمد و افزایش بهره وری زمین های زراعی شوند.

سپاسگزاری

این مقاله از پروژه تحقیقاتی با عنوان "ارزیابی فنی و اقتصادی کشت مخلوط سورگوم و شبدر برسیم" با شماره مصوب ۹۵۱۱۸-۰۳-۰۳-۲ که در مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر اجرا شده، استخراج گردیده است. بدین وسیله از حمایت های ریاست و کارکنان محترم مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر و سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی تشکر و قدردانی می شود.

مناسب، تفاوت سیستم ریشه ای و تفاوت مورفولوژیکی دو گونه و استفاده مناسب آن ها از منابع محیطی اعلام کردند. در تیمارهای کشت مخلوط گیاهان سه کربنی و چهار کربنی که دارای آشیان های اکولوژیکی متفاوتی هستند، کارایی جذب آب و عناصر غذایی و نسبت برابری زمین به طور معنی داری افزایش می یابد (Cong et al., 2015). تفاوت در آشیان اکولوژیکی و خصوصیات متفاوت مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی باعث می شود که گونه ها بر سر جذب منابع دچار رقابت نشوند و با استفاده مناسب از عوامل رشد، عملکرد نسبی بیشتری تولید کنند و نسبت برابری زمین بالاتری داشته باشند (Li et al., 2013).

نتیجه گیری

نتایج آزمایش حاضر نشان داد که در تیمارهای کشت مخلوط افزایشی، علوفه خشک و پروتئین خام بیشتری نسبت به کشت خالص سورگوم تولید شد که این موضوع حاکی از سازگاری سورگوم و شبدر برسیم با یکدیگر و اندک بودن رقابت بین گونه ای است. عملکرد علوفه در تیمارهای مخلوط جایگزینی به طور معنی داری کمتر از کشت خالص سورگوم بود و با کاهش نسبت سورگوم در مخلوط، عملکرد کل علوفه کاهش یافت، بنابراین می توان نتیجه گرفت که در این تیمار، سورگوم گیاه غالب بوده و در تعیین مجموع

References

- Agegehu, G., A. Ghizaw and W. Sinebo. 2006.** Yield performance and land use efficiency of barley and faba bean mixed cropping in Ethiopian highlands. *Eur. J. Agron.* 25: 202-207.
- Ahmad, A.H., R. Ahmad, N. Mahmood and A. Tanveer. 2007.** Performance of forage sorghum intercropped with forage legumes under different planting patterns. *Pak. J. Bot.* 39: 431-439.
- Ahmadi, F., M.R. Moradi Telavat and S.A. Siadat. 2017.** Effect of manure application and intercropping ratios on forage yield and quality of oat (*Avena sativa* L.) and berseem clover (*Trifolium alexandrinum* L.). *Iran. J. Crop Sci.* 18(3): 245-256. (In Persian with English abstract).
- Ahmadvand, G. and S. Hajinia. 2016.** Ecological aspects of replacement intercropping patterns of soybean

منابع مورد استفاده

- (*Glycine max* L.) and millet (*Panicum miliaceum* L.). J. Agroecol. 7(4): 485-498. (In Persian with English abstract).
- Aydemir, S.K. and M. Kızılsimşek. 2019.** Assessing yield and feed quality of intercropped sorghum and soybean in different planting patterns and in different ecologies. Int. J. Environ. Sci. Technol. 6: 5141-5146.
- Banik, P., A. Midya, B.K. Sarkar and S.S. Ghose. 2006.** Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: Advantages and weed smothering. Eur. J. Agron. 24: 325-332.
- Cong, W.F., E. Hoffland, L. Li, J. Six, J.H. Sun, X.G. Bao, F.S. Zhang and W. Van Der Werf. 2015.** Intercropping enhances soil carbon and nitrogen. Global Change Biol. 21: 1715-1726.
- Dahmardeh, M., A. Ghanbari, B.A. Siahisar and M. Ramroudi. 2012.** Evaluation of forage yield and protein content of maize and cowpea (*Vigna unguiculata* L.) in intercropping. Iran. J. Crop Sci. 13(4): 658-670. (In Persian with English abstract).
- Forsatian, S., N. Majnoun Hosseini, S. Hosseini and V. Mohammadi. 2009.** Study of the effect of sorghum intercropping with cowpea and soybean on yield of fodder sorghum. Iran. J. Field Crop Sci. 40(3): 143-150. (In Persian with English abstract).
- Ghosh, P.K., M.C. Manna, K.K. Bandyopadhyay, A.K. Ajay Tripathi, R.H. Wanjari, K.M. Hati, A.K. Misra, C.L. Acharya and A.S. Rao. 2006.** Interspecific interaction and nutrient use in soybean/sorghum intercropping system. Agrono. J. 98: 1097-1108.
- Ghosh, P.K., A.K. Tripathi, K.K. Bandyopadhyay and M.C. Manna. 2009.** Assessment of nutrient competition and nutrient requirement in soybean/sorghum intercropping system. Eur. J. Agron. 31: 43-50.
- Golzardi, F., S. Vazan, H. Moosavinia and G. Tohidloo. 2012.** Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of swallow wort (*Cynanchum acutum* L.). Res. J. Appl. Sci. Eng. Technol. 4(21): 4524-4529.
- Golzardi, F., A. Baghdadi and R. Keshavarz Afshar. 2017.** Alternate furrow irrigation affects yield and water-use efficiency of maize under deficit irrigation. Crop Pasture Sci. 68(8): 726-734.
- Golzardi, F., Sh. Nazari and V. Rahjoo. 2019.** Sorghum Cultivation. ETKA Publication. (In Persian).
- Hauggaard-Nielsen, H., P. Ambus and E.S. Jensen. 2001.** Interspecific competition, N use and interference with weeds in pea-barley intercropping. Field Crops Res. 70(2): 101-109.
- Hibberd, J.M., J.E. Sheehy and J.A. Langdale. 2008.** Using C4 photosynthesis to increase the yield of rice-rationale and feasibility. Curr. Opin. Plant. Biol. 11: 228-231.
- Inal, A., A. Gunes, F. Zhang and I. Cakmak. 2007.** Peanut/maize intercropping induced changes in rhizosphere and nutrient concentrations in shoots. Plant Physiol. Biochem. 45: 350-356.
- Iqbal, M.A., A. Hamid, T. Ahmad, M.H. Siddiqui, I. Hussain, S. Ali, A. Ali and Z. Ahmad. 2019.** Forage sorghum-legumes intercropping: effect on growth, yields, nutritional quality and economic returns. Bragantia. 78(1): 82-95.

- Khazaei, A., A. Fouman, V. Rahjoo and F. Golzardi. 2019.** Sorghum Cultivation (Handbook). Agricultural Education Publication. (In Persian).
- Li, L., L. Zhang and F. Zhang. 2013.** Crop mixtures and the mechanisms of overyielding. *Encycl. Biodivers.* 2: 382-395.
- Lithourgidis, A.S., I.B. Vasilakoglou, C.A. Dordas and M.D. Yiakoulaki. 2006.** Forage yield and quality of common vetch mixtures with oat and triticale in two seeding ratios. *Field Crop Res.* 99: 106-113.
- Majidi Dizadj, H., D. Mazaheri, Gh. Sabahi and M. Mirab Zadeh. 2014.** Evaluation of the yield and quality in sainfoin and alfalfa intercropping. *Iran. J. Crop Sci.* 16(1): 51-61. (In Persian with English abstract).
- Mead, R. and R.W. Willey. 1980.** The concept of a land equivalent ratio and advantages in yields for intercropping. *Exp. Agric.* 16: 217-228.
- Muhammad, D., B. Misri, M. El-Nahrawy, S. Khan and A. Serkan. 2014.** Egyptian Clover (*Trifolium alexandrinum*), King of Forage Crops. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Regional Office for the Near East and North Africa, Cairo, Egypt.
- Pal, U.R. and Y. Sheshu. 2001.** Direct and residual contribution of symbiotic nitrogen fixation by legumes to the yield and nitrogen uptake of maize (*Zea mays* L.) in the Nigerian Savannah. *J. Agron. Crop Sci.* 187: 53-58.
- Raseduzzaman, M.D. and E.S. Jensen. 2017.** Does intercropping enhances yield stability in arable crop production? A meta-analysis. *Eur. J. Agron.* 91: 25-33.
- Sadeghpour, A., E. Jahanzada, A.S. Lithourgidis, M. Hashemia, A. Esmailic and M.B. Hosseini. 2014.** Forage yield and quality of barley-annual medic intercrops in semi-arid environments. *Int. J. Plant. Prod.* 8 (1): 77-90.
- Salehi, Z., R. Amirnia, E. Rezaeichiyaneh, H. Khalilvandi Behrozyar. 2018.** Evaluation of yield and some qualitative traits of forage in intercropping of triticale with annual legumes. *J. Agric. Sci. Sustain. Prod.* 28(4): 59-76. (In Persian with English abstract).
- Shobeirri, S.S., D. Habibi, A. Kashani, F. Paknejad, H. Jafari and J. Lamei. 2011.** Study of dry forage yield and quality of hairy vetch and triticale in pure stand and mixed cropping. *Iran. J. Crop Sci.* 13(2): 269-281. (In Persian with English abstract).
- Yu, Y., T.J. Stomph, D. Makowski and W. Van Der Werf. 2015.** Temporal niche differentiation increases the land equivalent ratio of annual intercrops: A meta-analysis. *Field Crops Res.* 184: 133-144.

Effect of additive and replacement intercropping ratios of forage sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) and berseem clover (*Trifolium alexandrinum* L.) on forage production

Ashoori, N.¹, M. Abdi², F. Golzardi³, J. Ajalli⁴, M.N. Ilkaee⁵

ABSTRACT

Ashoori, N., M. Abdi, F. Golzardi, J. Ajalli, M.N. Ilkaee. 2020. Effect of additive and replacement intercropping ratios of forage sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) and berseem clover (*Trifolium alexandrinum* L.) on forage production. **Iranian Journal of Crop Sciences**. 22(3): 239-251. (In Persian).

To evaluate forage production and land equivalent ratio (LER) in additive and replacement intercropping systems of forage sorghum and berseem clover, a field experiment was conducted using randomized complete block design with eight treatments and three replications at the research field station of Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran, in 2016-17 and 2017-18 growing seasons. The experimental treatments consisted of eight intercropping ratios: 75% sorghum + 25% clover (S₇₅C₂₅), 50% sorghum + 50% clover (S₅₀C₅₀), 25% sorghum + 75% clover (S₂₅C₇₅), as replacement intercropping systems and 100% sorghum + 50% clover (S₁₀₀C₅₀), 50% sorghum + 100% clover (S₅₀C₁₀₀), 100% sorghum + 100% clover (S₁₀₀C₁₀₀), as additive intercropping systems, as well as sorghum monoculture (S₁₀₀C₀) and clover monoculture (S₀C₁₀₀). In this experiment, dry forage yield of sorghum and clover, equivalent yield of sorghum and clover, crude protein content, dry matter digestibility, crude protein yield, digestible dry matter yield and LER for dry forage and protein production were evaluated. The results showed that the highest equivalent yield of sorghum, equivalent yield of clover, crude protein, and digestible dry matter yield were obtained from S₁₀₀C₁₀₀ treatment with 37598, 17915, 3163, and 17754 kg.ha⁻¹, respectively. S₁₀₀C₅₀ also ranked in the superior group with 16455 kg.ha⁻¹ of digestible dry matter. The highest land equivalent ratios for dry forage and protein production (1.61 and 1.71, respectively) were calculated for S₁₀₀C₁₀₀. S₁₀₀C₅₀ and S₅₀C₁₀₀. According to the results of this study, additive intercropping of 100% sorghum + 100% clover can be recommended as the superior intercropping system to meet sustainable agricultural goals in production of these two forage crops.

Keywords: Berseem clover, Crude protein, Dry matter digestibility, Equivalent yield and Land equivalent ratio.

Received: October, 2019 Accepted: September, 2020

1. PhD Student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Miyaneh Branch, Islamic Azad University, Miyaneh, Iran.
2. Assistant Prof., Department of Agronomy and Plant Breeding, Miyaneh Branch, Islamic Azad University, Miyaneh, Iran.
3. Assistant Prof., Seed and Plant Improvement Institute, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Karaj, Iran. (Corresponding author) (Email: f.golzardi@areeo.ac.ir)
4. Assistant Prof., Department of Agronomy and Plant Breeding, Miyaneh Branch, Islamic Azad University, Miyaneh, Iran.
5. Associate Prof., Department of Agronomy and Plant Breeding, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran.