"نشریه علوم زراعی ایران"
جلد بیست و دوم، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۹

مقاله پژوهشی

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.

به‌منظور 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 (به‌صورت جایگزینی)؛ ۱۰۰ درصد سورگوم + ۵۰ درصد شبدر، ۵۰ درصد سورگوم + ۱۰۰ درصد شبدر و ۱۰۰ درصد سورگوم + ۱۰۰ درصد شبدر (به‌صورت 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 قابل‌هضم 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 قابل‌هضم (به‌ترتیب 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 قابل‌هضم در هکتار در گروه برتر قرار گرفت. بالاترین نسبت برابری زمین برای تولید علوفه خشک و پروتئین (به‌ترتیب ۱/۶۱ و ۱/۷۱) در کشت مخلوط افزایشی ۱۰۰ درصد شبدر + ۱۰۰ درصد سورگوم به‌دست 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 به‌عنوان تیمار برتر شناخته شده و جهت توسعه کشاورزی پایدار در تولید این دو گیاه علوفه‌ای مناسب‌تر 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..

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-01]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1399.22.3.4.5]

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 چهارکربنی 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). شبدر برسیم گیاهی با مسیر فتوسنتزی سه‌کربنی و دارای ریشه‌های راست، کم‌عمق، ضخیم و با انشعابات اندک است که فقط تا عمق ۴۰ تا ۶۰ سانتی‌متری خاک نفوذ می‌کند. ریشه‌های شبدر برسیم به دلیل همزیستی با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن، می‌توانند نقش مهمی را در بوم‌نظام‌های زراعی ایفا کنند (Muhammad *et al.*, 2014). در بسیاری از مناطق دارای محدودیت، از جمله شرایط کم‌آبی 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. به‌عنوان 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 لوبیا چشم‌بلبلی گزارش کردند که بالاترین عملکرد علوفه خشک (۳۰۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ۱۰۰ درصد ذرت+۱۰۰ درصد لوبیا چشم‌بلبلی حاصل شد. شبیری و همکاران (Shobeirri *et al.*, 2011) گزارش کردند که تیمار کشت مخلوط ۵۰ درصد ماشک گل‌خوشه‌ای+۵۰ درصد تریتیکاله با تولید ۸۸۵۰ کیلوگرم علوفه خشک در هکتار و نسبت برابری زمین ۱/۳۳ بیشترین عملکرد را داشت.

به‌طورکلی گیاهان دارای مسیر فتوسنتزی چهارکربنی نیاز نوری و دمایی بالاتری نسبت به گیاهان سه‌کربنی دارند (Hibberd *et al.*, 2008) و به‌نظر می‌رسد که با توجه به نیاز نوری و دمایی پایین‌تر شبدر، 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 سه‌کربنی با چهارکربنی می‌تواند بهره‌وری اراضی کشاورزی دنیا را به‌طور قابل‌توجهی افزایش دهد. به‌علاوه تفاوت سیستم ریشه‌ای و محدوده متفاوت جذب آب و عناصر غذایی از خاک در سورگوم و شبدر باعث می‌شود که در کشت مخلوط این گیاهان، ریشه‌های دو گونه تداخلی در فرایند جذب گونه دیگر ایجاد نکند. بدین‌صورت که شبدر برسیم از رطوبت لایه سطحی خاک و سورگوم از رطوبت عمق‌های پایین‌تر (که ریشه شبدر به آن دسترسی ندارد) استفاده خواهند کرد.

با توجه به سوابق و نتایج مثبت تحقیقات انجام‌شده

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-01]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1399.22.3.4.5]

در مورد کشت مخلوط غلات چهارکربنی با بقولات سه‌کربنی، 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 سانتی‌متر 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، به‌طوری که فاصله بین بوته‌های سورگوم و شبدر در طرفین هر پشته ۲۰ سانتی‌متر 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. 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 به‌ترتیب ۱۵ و ۲۵ کیلوگرم بذر در هکتار استفاده شد. در تیمارهای مخلوط نیز بر اساس نسبت مخلوط ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصدی، به‌ترتیب 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، به‌نحوی‌که فاصله بین دو بوته سورگوم روی خطوط کاشت، هشت سانتی‌متر 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 گل‌آذین‌ها بود. در هنگام چین اول و دوم، بوته‌های شبدر برسیم به‌ترتیب 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 سانتی‌متر از ابتدا و انتهای کلیه ردیف‌ها به‌عنوان حاشیه، بوته‌ها برداشت و بعد از توزین، عملکرد علوفه سورگوم و شبدر به تفکیک محاسبه شدند. جهت تعیین عملکرد علوفه خشک، نمونه‌برداری سورگوم و

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-01]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1399.22.3.4.5]

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	نیتروژن کل Total Nitrogen (%)	فسفر قابل‌جذب Available Phosphorus ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم قابل‌جذب 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

شبدر به‌طور تصادفی انجام و در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد تا ثابت شدن وزن، خشکانده شدند. بر اساس درصد ماده خشک در نمونه‌های سورگوم و شبدر، عملکرد علوفه خشک آن‌ها محاسبه شد. به‌منظور 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):

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

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

EYc و EYs: به‌ترتیب عملکرد معادل شبدر و عملکرد معادل سورگوم (کیلوگرم در هکتار)، Yc و Ys: به‌ترتیب عملکرد شبدر و سورگوم (کیلوگرم در هکتار) و Pc و Ps: به‌ترتیب قیمت هر کیلوگرم علوفه خشک شبدر و سورگوم (ریال بر کیلوگرم) هستند. قیمت هر کیلوگرم علوفه خشک سورگوم و شبدر در سال ۱۳۹۵ به‌ترتیب ۳۰۰۰ و ۶۲۵۰ ریال و در سال ۱۳۹۶ به‌ترتیب 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):

$$LER = LERc + LERs$$ (رابطه ۳)

$$LERc = Yci / Yc$$ (رابطه ۴)

$$LERs = Ysi / Ys$$ (رابطه ۵)

LERc و LERs: به‌ترتیب عملکرد نسبی شبدر و سورگوم، Yci و Ysi: به‌ترتیب عملکرد شبدر و سورگوم در کشت مخلوط و Yc و Ys: به‌ترتیب عملکرد شبدر و سورگوم در تک‌کشتی می‌باشند. بر اساس نتایج آزمون بارتلت و همگن بودن (یکنواختی) واریانس خطاهای آزمایشی در دو سال، داده‌ها به‌صورت مرکب تجزیه شده و با توجه به غیرمعنی‌دار شدن اثر سال در تیمار، میانگین دوساله صفات گزارش شد. محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار 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 معنی‌دار بود. حداکثر عملکرد علوفه خشک سورگوم و شبدر (به‌ترتیب ۲۴۰۲۳ و ۱۰۷۰۸ کیلوگرم در هکتار) در کشت خالص این گیاهان حاصل شد. به‌علاوه 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 بین‌گونه‌ای با شبدر است؛ درحالی

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-01]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1399.22.3.4.5]

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 (به‌ترتیب ۹۴۲۹ و ۳۱۱۲ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب در تیمارهای کشت مخلوط ۷۵ درصد شبدر+ ۲۵ درصد سورگوم و ۲۵ درصد شبدر+ ۷۵ درصد 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 سزبانیا) به‌صورت افزایشی و دوردیفه (در طرفین پشته‌ها) باعث افزایش معنی‌دار عملکرد علوفه و زیست‌توده شد.

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 Sorghum	شبدر Clover	سورگوم Sorghum	شبدر Clover	معادل سورگوم EYs	معادل شبدر 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

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

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-01]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1399.22.3.4.5]

و به دنبال آن فتوسنتز و عملکرد آنها افزایش می‌یابد (Golzardi *et al.*, 2017). فرصتیان و همکاران (Forsatian *et al.*, 2009) در ارزیابی کشت مخلوط سورگوم علوفه‌ای با لوبیا چشم‌بلبلی و سویا گزارش کردند که کشت سویا و لوبیا چشم‌بلبلی در طرفین ردیف‌های کشت سورگوم، ضمن کاهش رقابت بین‌گونه‌ای، باعث افزایش عملکرد علوفه شد. تیمارهای کشت مخلوط غلات و بقولات به علت تفاوت در خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی ریشه‌ها، باعث افزایش کارایی جذب و مصرف عناصر غذایی می‌شوند (Ghosh *et al*,. 2006). متفاوت بودن ساختار و طول ریشه سورگوم و شبدر باعث می‌شود که عناصر غذایی از افق‌های 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 پرمصرف (مانند نیتروژن و فسفر) در ریشه و اندام هوایی گیاهان زراعی، جذب عناصر غذایی کم‌مصرف را نیز بهبود می‌بخشد (Inal *et al.*, 2007).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای کشت مخلوط بر محتوای پروتئین شبدر و سورگوم معنی‌دار 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 معنی‌دار نبود (جدول ۳). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمارهای کشت مخلوط اثر معنی داری بر عملکرد پروتئین خام داشتند. 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 بودن پروتئین علوفه، کمترین عملکرد پروتئین خام (۱۷۲۴ کیلوگرم در هکتار) حاصل شد (جدول ۳). صادق‌پور 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 معنی‌داری بر قابلیت هضم ماده خشک شبدر و سورگوم نداشتند. بیشترین قابلیت هضم ماده خشک شبدر و سورگوم (به‌ترتیب ۶۵/۶۸ و ۵۹/۲۴ درصد) در تیمارهای کشت خالص دو گیاه مشاهده شد، هر چند تفاوت آنها معنی‌دار نبود (جدول ۳). اثر تیمارهای کشت مخلوط بر عملکرد ماده خشک قابل‌هضم معنی‌دار بود. تیمار ۱۰۰ درصد شبدر+ ۱۰۰ درصد سورگوم بیشترین عملکرد ماده خشک قابل‌هضم (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 قابل‌هضم 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 معنی‌دار بود. بالاترین نسبت برابری زمین برای عملکرد علوفه خشک (۱/۶۱) در سری افزایشی ۱۰۰ درصد شبدر+ ۱۰۰ درصد سورگوم محاسبه شد، به‌عبارت دیگر برای

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-01]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1399.22.3.4.5]

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 قابل‌هضم 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

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-01]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1399.22.3.4.5]

تولید عملکرد مشابه در تک‌کشتی، ۶۱ درصد سطح زمین بیشتر مورد نیاز خواهد بود. در تیمار ۱۰۰ درصد شبدر+۱۰۰ درصد سورگوم، عملکرد نسبی سورگوم و شبدر به‌ترتیب ۰/۹۴ و ۰/۶۷ بود که نشان می‌دهد عملکرد سورگوم و شبدر نسبت به حالت تک‌کشتی آن‌ها به‌ترتیب 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. به‌علاوه سری‌های افزایشی ۱۰۰ درصد شبدر + ۵۰ درصد سورگوم و همچنین ۵۰ درصد شبدر + ۱۰۰ درصد سورگوم نیز به‌ترتیب با نسبت‌های برابری زمین ۱/۵۲ و ۱/۴۷، در گروه آماری برتر قرار گرفتند (جدول ۴).

به‌طورکلی نسبت برابری زمین برای تولید علوفه خشک در سری‌های افزایشی به‌طور معنی‌داری بیشتر از سری‌های جایگزینی بود، با این‌حال 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 تثبت 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).

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

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

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-01]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1399.22.3.4.5]

(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)، به‌عبارت 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 به‌ترتیب 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.

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). به‌طورکلی 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

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-01]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1399.22.3.4.5]

مناسب، تفاوت سیستم ریشه‌ای و تفاوت مورفولوژیک دو گونه و استفاده مناسب آن‌ها از منابع محیطی اعلام کردند. در تیمارهای کشت مخلوط گیاهان سه‌کربنی و چهارکربنی که دارای آشیان‌های اکولوژیکی متفاوتی هستند، کارایی جذب آب و عناصر غذایی و نسبت برابری زمین به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد (Cong *et al.*, 2015). تفاوت در آشیان اکولوژیکی و خصوصیات متفاوت مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی باعث می‌شود که گونه‌ها 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).

نتیجه‌گیری

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 بین‌گونه‌ای است. عملکرد علوفه در تیمارهای مخلوط جایگزینی به‌طور معنی‌داری کمتر از کشت خالص سورگوم بود و با کاهش نسبت سورگوم در مخلوط، عملکرد کل علوفه کاهش یافت، بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که در این تیمار، سورگوم گیاه غالب بوده و در تعیین مجموع عملکرد علوفه، نقش بیشتری ایفا می‌کند. در کلیه تیمارهای کشت مخلوط سورگوم و شبدر برسیم، نسبت برابری زمین بیشتر از یک بود که این موضوع نشان دهنده بالا بودن کارایی بهره‌برداری 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 قابل‌هضم و بیشترین نسبت برابری زمین، تیمار برتر بود. تیمارهای کشت مخلوط افزایشی سورگوم و شبدر علاوه بر تولید بیشتر علوفه و بهبود تنوع در زیست‌بوم‌های کشاورزی، می‌توانند باعث افزایش درآمد و افزایش بهره‌وری زمین‌های 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. بدین‌وسیله از حمایت‌های ریاست و کارکنان محترم مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر و سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی تشکر و قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

References

Agegnehu, 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

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-01]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1399.22.3.4.5]

(*Glycine max* L.) and millet (*Panicum miliaceum* L.). J. Agroecol. 7(4): 485-498. (In Persian with English abstract).

Aydemir, S.K. and M. Kızılşimşek. 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. Siahsar and M. Ramroudi. 2012. Evalution 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.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-01]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1399.22.3.4.5]

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. Lithourgidisb, M. Hashemia, A. Esmaeilic 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.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-01]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1399.22.3.4.5]

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. Abdi[2], F. Golzardi[3], J. Ajalli[4], M.N. Ilkaee[5]

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 ($S_{75}C_{25}$), 50% sorghum + 50% clover ($S_{50}C_{50}$), 25% sorghum + 75% clover ($S_{25}C_{75}$), as replacement intercropping systems and100% sorghum + 50% clover ($S_{100}C_{50}$), 50% sorghum + 100% clover ($S_{50}C_{100}$), 100% sorghum + 100% clover ($S_{100}C_{100}$), as additive intercropping systems, as well as sorghum monoculture ($S_{100}C_0$) and clover monoculture (S_0C_{100}). 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 $S_{100}C_{100}$ treatment with 37598, 17915, 3163, and 17754 kg.ha^{-1}, respectively. $S_{100}C_{50}$ 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 $S_{100}C_{100}$. $S_{100}C_{50}$ and $S_{50}C_{100}$. 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.

[Downloaded from agrobreedjournal.ir on 2025-12-01]

[DOR: 20.1001.1.15625540.1399.22.3.4.5]