نشریه پژوهش های کاربردی زراعی
دوره۳۶- شماره ۲- پیاپند ۱۳۹ تابستان ۱۴۰۲

مقایسه پتانسیل تولید علوفه در کشت مخلوط شبدر برسیم – ارزن پروسو با کشت خالص در مناطق سردسیر

Comparison of forage production potential in Berseem clover– Proso millet intercropping with sole cropping in cold regions

شیوا زارعی چالشتری[۱]، امیر آینه بند[۲] و ثریا کرمی[۳*]

۱. دانشجوی دکترا، گروه زراعت، واحد اهواز، واحد علوم و تحقیقات خوزستان، دانشگاه آزاد اسلامی، اهواز، ایران.
۲. گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، اهواز، ایران.
۳. استادیار، گروه علوم کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۳/۰۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۶/۰۶ - شناسانهٔ برنمود رقمی: 10.22092/aj.2024.365792.1677

چکیده

زارعی چالشتری، ش.، آینه بند، ا.، کرمی، ث.، . مقایسه پتانسیل تولید علوفه در کشت مخلوط شبدر برسیم – ارزن پروسو با کشت خالص در مناطق سردسیر
نشریه پژوهش های کاربردی زراعی دوره ۳۶ - شماره ۲- پیاپند ۱۳۹ تابستان ۱۴۰۲ صفحه: ۵۷-۴۰

به منظور بررسی پتانسیل تولید علوفه کشت مخلوط ارزن پروسو و شبدر برسیم در مناطق سردسیر به عنوان کشت دوم/ تابستانه، آزمایش مزرعه‌ای به صورت بلوکهای کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۸ در شهرستان شهرکرد اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل ۷۵ درصد ارزن پروسو- ۲۵ درصد شبدر برسیم، ۵۰ درصد ارزن پروسو-۵۰ درصد شبدر برسیم، ۲۵ درصد ارزن پروسو- ۷۵ درصد شبدر برسیم و کشت خالص ارزن پروسو و شبدر برسیم بود. نتایج صفات مورد مطالعه نشان داد که بیشترین عملکرد علوفه تر (۱۶/۰ تن در هکتار) و خشک (۵/۰ تن در هکتار) به ترتیب از مخلوط ۲۵-۷۵ و ۵۰-۵۰ درصد (ارزن پروسو-شبدر برسیم) به دست آمد. همچنین نتایج نشان داد که الگوی کاشت بر کلیه صفات مورد بررسی ارزن پروسو و شبدر برسیم اثر معنی‌داری داشت؛ به طوریکه بیشترین عملکرد علوفه خشک ارزن پروسو و شبدر برسیم به ترتیب از نسبت ۵۰-۵۰ و ۲۵- ۷۵ درصد (ارزن پروسو-شبدر برسیم) حاصل شد. درصد پروتئین خام و عملکرد پروتئین علوفه شبدر برسیم در کشت خالص بیشتر از کشت مخلوط بود؛ با این وجود با افزایش سهم شبدر در کشت مخلوط درصد پروتئین خام و عملکرد پروتئین علوفه روند افزایشی نشان داد. بیشترین شاخص نسبت برابری زمین (۱/۲۵) از کشت ۲۵ درصد ارزن پروسو- ۷۵ درصد شبدر برسیم بهدست آمد، که بیانگر سودمندی کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص بود. همچنین ارزن پروسو با ضریب ازدحام نسبی بیشتر از واحد، به عنوان گونه غالب در تمامی کشتهای مخلوط با مقدار عملکرد نسبی بیشتر در مقایسه با شبدر برسیم شناسایی شد. در مجموع ترکیب تیماری ۲۵ درصد ارزن پروسو- ۷۵ درصد شبدر برسیم با ۲۵ درصد افزایش در بهره وری استفاده از زمین نسبت به کشت خالص به عنوان بهترین تیمار برای حصول علوفه‌ای با عملکرد و کیفیت مطلوب به عنوان کشت دوم/تابستانه در شهرکرد و احتمالاً سایر مناطق سردسیر شناخته شد.

واژه های کلیدی: بقولات، تولید علوفه، گندمیان، گونه غالب، نسبت برابری زمین

آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: soraya.karami@pnu.ac.ir

مقدمه

کشت مخلوط بخصوص بقولات-گندمیان به عنوان یک راهکار رایج با هدف حمایت از عرضه پایدار علوفه در سیستم‌های کشاورزی کم بازده در بسیاری از مناطق جهان با شرایط آب و هوایی خشک، به دلیل افزایش کارایی مصرف آب و همچنین کاهش نیاز به کوددهی نیتروژن به دلیل تثبیت نیتروژن توسط بقولات شرکت کننده در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص، اتخاذ می شود (Salama, 2020; Lithourgidis *et al.,* 2011).

با وجود اهمیت مصرف بقولات و گندمیان در جیره غذایی دام، مصرف علوفه توسط دام با گونه های خالص اعم از بقولات یا گندمیان در مقایسه با ترکیبی از هر دو گونه در جیره غذایی کمتر رایج است؛ زیرا در کشت ترکیبی به دلیل محتوای بالای پروتئین بقولات و محتوای بالای فیبر غذایی گندمیان محصول نهایی با بالاترین ارزش غذایی نسبت به تک‌کشت‌های هر دو گونه زراعی ارائه می شود (Rakeih *et al.,* 2008). با این وجود، نکته قابل تأمل در کشت مخلوط موفق، استفاده از گیاهانی با عادت رشد و برنامه برداشت سازگار است. همچنین اجزا کشت مخلوط باید مکمل یکدیگر در تامین نیازمندی‌های رشد و استفاده از منابع با حداقل رقابت در مراحل مختلف رشد باشند (Al-Khateeb *et al.,* 2001).

در بسیاری از مناطق جهان به ویژه مناطقی با زمستان های طولانی و دمای سرد-معتدل، شبدر برسیم (*Trifolium alexandrinum*) از بین بقولات مورد کشت، به عنوان مهم‌ترین گیاه علوفه‌ای یکساله به دلیل انطباق و برتری خاصی که در مناطق سردسیر نشان داده است، مورد توجه می باشد (Iannucci *et al.,* 1996). با وجود عملکرد و محتوای بالای پروتئین شبدر برسیم، کشت این گیاه با چالش‌های متعددی مواجه است که از جمله آن‌ها می‌توان به نیاز آبی نسبتاً بالا، مقدار کم ماده خشک مخصوصاً در اولین چین و حساسیت بالا به تغییرات آب و هوایی به ویژه افزایش دما مرتبط با گرمایش جهانی اشاره نمود (Salama & Badry, 2015). علاوه بر این، تغذیه دام تنها با استفاده از شبدر در برنامه جیره غذایی منجر به خطرات نفخ و ناهنجاری های استخوانی به دلیل نسبت نامتعادل فسفر و کلسیم می شود (Hall *et al.,* 1991). در خصوص استفاده از گندمیان علوفه ای در جیره غذایی تعداد زیادی از دام ها، علوفه حاصل از سیستم تک کشتی گندمیان سطح ایده آل و کافی از کیفیت فراهم نمی نماید (Lithourgidis *et al.,* 2011). بنابراین کشت مخلوط بقولات با گندمیان علوفه‌ای یک فناوری پیشنهادی است که ممکن است در مرتفع ساختن این مشکلات امیدبخش باشد.

در کشت مخلوط، گندمیان علوفه‌ای علاوه بر پشتیبانی ساختاری برای رشد بقولات و متوازن نمودن مقادیر فسفر و کلسیم، در بهبود جذب آب، مواد مغذی و رهگیری نور مشارکت دارند و در نتیجه باعث تجمع بهتر ماده خشک می گردند؛ در حالی که بقولات در الگوی مخلوط منجر به افزایش کیفیت علوفه تولیدی می شوند. بنابراین تعامل بین بقولات و گندمیان در کشت

مخلوط به تولیدکنندگان دام به خصوص دام های کوچک که تامین کنندگان اصلی شیر و گوشت هستند، اجازه می دهد تا بخشی از سهم دانه غلات در جیره غذایی دام (بخصوص گاو) را با علوفه مناسب جایگزین کنند (Salama, 2020).

انتخاب گونه گندمیان تا حد زیادی بر عملکرد کشت مخلوط بقولات- گندمیان تأثیر می گذارد، زیرا گونه های مختلف گندمیان دارای رقابت پذیری متغیری با بقولات هستند که بر بهره وری و کیفیت محصول نهایی تأثیر می گذارد (Ross *et al.,* 2004). در حالی که برخی پژوهشگران گونه چچم یک ساله (*Lolium multiflorum* Lam) را به عنوان یک گونه ی علوفه ای مناسب برای ترکیب با شبدر پیشنهاد نمودند (Yucel *et al.,* 2018) و برخی دیگر گیاه جو(*Hordeum vulgare* L) را به عنوان بهترین گونه از بین گندمیان برای ترکیب با شبدر پیشنهاد دادند (El Karamany *et al.,*2014). با این وجود، تریتیکاله (X *Triticosecale* Wittmack)، یولاف (*Avena sativa* L.) و بخصوص ارزن پروسو (*Panicum miliaceum*) در بسیاری از نقاط دنیا بخصوص آمریکا و اروپا از غلات امیدبخشی هستند که در حال حاضر سطح زیر کشت قابل توجهی را با هدف تولید دانه/علوفه به خود اختصاص داده اند. با این وجود مطالعات مدونی در خصوص پتانسیل این گونه ها در کشت مخلوط با هدف تولید علوفه گزارش نشده است. از بین این گونه های امیدبخش، ارزن به دلیل داشتن مسیر فتوسنتز چهار کربنه، عدم وجود اسید پروسیک، پر برگی و خوش خوراکی بخصوص به صورت علوفه خشک، کارایی بالای مصرف آب نسبت به گونه های سه کربنه و سازگاری و مقاومت به شوری و خشکی و فقر مواد غذایی خاک، به عنوان یک گیاه دانه ای/علوفه ای ایده آل تحت شرایط آب و هوایی متفاوت بخصوص نواحی خشک و گرم محسوب می شود (Zhang *et al.,* 2016).

استان چهارمحال بختیاری یکی از قطب‌های مهم دامپروری در ایران است که بر اساس آمار معاونت تولیدات دامی جهاد کشاورزی استان حدود دو میلیون و ۴۰۰ راس دام سبک و بیش از ۱۰۰ هزار راس دام سنگین در این استان وجود دارد. علیرغم کشت نباتات علوفه ای غالباً ذرت علوفه ای، پس چرا مزارع و ...، یکی از منابع مهم غذایی قابل استحصال دام در این استان، مراتع طبیعی می باشند. بر اساس آمار موجود ۸۲ درصد از مساحت استان چهارمحال و بختیاری را عرصه‌های منابع طبیعی تشکیل داده است که از این میزان ۲۰ درصد مساحت استان، جنگل و ۶۲ درصد آن مراتع می باشند .از سوی دیگر بر اساس آمار دفتر امور مراتع سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری استان چهار محال بختیاری تولید علوفه بر اثر کاهش ۲۱ درصدی میزان بارش‌ها در سال های اخیر، از ۱۰/۷ میلیون تن در سال‌های عادی بارشی به ۸/۹ میلیون تن کاهش یافته است. بنابراین با توجه به محدودیت های زمین های آبی و همچنین خشکسالی های اخیر، درحال حاضر امکان افزایش سطح زیرکشت نباتات علوفه‌ای جهت افزایش تولید علوفه مورد نیاز میسر نیست؛ از این رو به نظر می رسد در

مناطق سردسیر از جمله چهارمحال و بختیاری یکی از راه‌های افزایش تولید علوفه، توجه به کشت مخلوط بخصوص به عنوان کشت دوم یا تابستانه باشد.

با توجه به اینکه اطلاعات مدونی در خصوص کشت دوم/تابستانه ارزن پروسو به عنوان گونه رایج ارزن در منطقه شهرکرد با هدف تولید علوفه به صورت تک کشت یا در کشت مخلوط با شبدر برسیم در این منطقه در دسترس نبود، لذا این مطالعه با هدف ۱) بررسی عملکرد و کیفیت علوفه ارزن پروسو و شبدر برسیم در الگوی تک کشتی و همچنین ترکیب این دو گونه در الگوهای مختلف؛ ۲) ارزیابی اثر رقابت بین دو گونه (بقولات-گندمیان) در کشت مخلوط؛ (۳) تجزیه و تحلیل روابط متقابل بین اجزای مخلوط با استفاده از شاخص های مختلف رقابت؛ و (۴) بررسی اینکه کدام الگوی کشت مخلوط برای مدیریت منابع با توجه به عملکرد علوفه و شاخص های رقابت بهتر است، طراحی و اجرا شد.

مواد و روش ها

یک آزمایش میدانی در مزرعه ای (شخصی) واقع در شهرستان شهرکرد (۴۹ درجه و۲۲دقیقه تا۵۰ درجه و ۴۹ دقیقه طول شرقی و ۳۱ درجه و ۳۳ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۲۰ دقیقه عرض شمالی، با ارتفاع ۲۰۶۱ متر از سطح دریا)، استان چهار محال بختیاری طی فصل تابستان (۱۳۹۸) اجرا شد. شهرستان شهرکرد دارای اقلیم نیمه مرطوب معتدل با تابستان های معتدل و زمستان های بسیار سرد است و برای فصل رشد مربوطه در ایستگاه هواشناسی میانگین دمای ماهیانه ۲۳/۶۲ درجه سانتی گراد ثبت گردید. خاک محل آزمایش دارای بافت لوم-رسی- شنی (۳۹ درصد سیلت، ۳۱ درصد رس و ۳۰ درصد ماسه)، با اسیدیته ۷/۴ و ضریب هدایت الکتریکی ۰/۷۴ دسی زیمنس بر متر بود. میزان ماده آلی لایه رویی خاک ۲/۶۷ درصد بود، در حالی که نیتروژن، فسفر و پتاسیم موجود در خاک به ترتیب ۰/۱۷۵۷، ۱۰، ۲۰۰ ppm، ثبت شد.

طراحی و اجرای آزمایش

آزمایشی در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار و پنج تیمار برای ارزیابی پتانسیل تولید علوفه چین اول شبدر برسیم رقم تولیدی کرج و ارزن پروسو رقم محلی منطقه شهرکرد (یک ساله) به صورت کشت خالص و مخلوط اجرا شد. تیمارهای موجود در آزمایش با آرایش کشت مخلوط جایگزینی شامل ۷۵ درصد ارزن پروسو- ۲۵ درصد شبدر برسیم (BC25:M75)، ۵۰ درصد ارزن پروسو- ۵۰ درصد شبدر برسیم (BC50:M50)، ۲۵ درصد ارزن پروسو- ۷۵ درصد شبدر برسیم (BC75:M25) به همراه تیمارهای کشت خالص شبدر برسیم (BC100:M0) و ارزن پروسو (BC0:M100) بودند.

این آزمایش به صورت کشت دوم بعد از برداشت جو در اواسط تیرماه (۱۵-۶ تیرماه، تاریخ کاشت رایج در منطقه) اجرا شد. پس از آماده سازی و تسطیح، زمین به طریق جوی و پشته تقسیم شد. هر کرت (۳×۵ متر) شامل پنج جویچه به طول پنج متر و با فاصله ۶۰ سانتیمتر بود. کاشت به صورت ردیفی در دو طرف پشته ها و با الگوی کاشت مخلوط جایگزینی انجام

شد. میزان بذر در مزرعه براساس ۴۵ کیلوگرم در هکتار شبدر برسیم و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار ارزن پروسو انتخاب شد. پس از کاشت، بذور با یک لایه خاک سبک پوشانده و بلافاصله آبیاری اول انجام گرفت. روش‌های کوددهی، آبیاری و مدیریت علف‌های هرز در مرحله داشت برای تمام کرت‌های آزمایشی همگن بود. علاوه بر مصرف کودهای پایه در زمان کاشت (اوره:۱۰۰ کیلوگرم، سوپرفسفات:۱۵۰ کیلوگرم) ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره در مرحله ۳ تا ۴ برگی ارزن پروسو/ دو برگی شبدر برسیم به صورت سرک مصرف شد. دور آبیاری در طول فصل رشد بر اساس هفت تا نه روز تنظیم گردید.

نمونه گیری و شاخص های اندازه گیری شده

با توجه به اینکه ارزن پروسو گونه غالب مزرعه بود لذا زمان چین برداری (فقط یک چین) با توجه به مرحله رشدی ارزن پروسو در نظر گرفته شد و در مرحله شیری شدن دانه‌ها مبادرت به برداشت کلیه تیمارها شد. برای این منظور در اواخر شهریورماه (۲۳ شهریورماه) در هر کرت، علوفه تر از پشته های میانی با حذف نیم متر از ابتدا و انتهای پشته ها با دست برداشت شد. در ادامه عملکرد علوفه تر (تن در هکتار)، عملکرد علوفه خشک (تن در هکتار)، پروتئین خام علوفه (درصد)، عملکرد پروتئین علوفه (تن در هکتار) و شاخص های رقابت در کشت مخلوط شامل نسبت برابری زمین (Land Equality Ratio: LER) و ضریب ازدحام نسبی (Relative Crowding Coefficient: RCCA) برای هرگونه در کشت مخلوط محاسبه شد.

به منظور تعیین میزان علوفه خشک، یک نمونه یک کیلوگرمی از علوفه تر انتخاب و پس از کاهش رطوبت در سایه، به مدت ۷۲ ساعت و دمای ۸۰ درجه سانتیگراد در آون قرار داده شد. بر مبنای علوفه توزین شده از نمونه و اختلاف وزن با نمونه اول، مقدار عملکرد علوفه خشک هر تیمار محاسبه شد.

برای تجزیهٔ کیفی علوفه ی شبدر برسیم و ارزن پروسو، از نمونه های خشک شده یک نمونه به وزن تقریبی ۵۰ گرم جدا شد و پس از آسیاب کردن با استفاده از دستگاه طیف سنج مادون قرمز نزدیک (NIR)، مدل DA7200، درصد پروتئین خام علوفه اندازه گیری شد (Jafari *et al.,* 2003). عملکرد پروتئین علوفه نیز از حاصل ضرب عملکرد علوفه خشک در درصد پروتئین خام محاسبه و به تن در هکتار ثبت گردید.

در ادامه به منظور ارزیابی میزان سودمندی کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی، شاخص نسبت برابری زمین (LER) برای عملکرد علوفه خشک در یک چین براساس فرمول زیر محاسبه شد (Vandermeer, 1990):

$$LER = \frac{Y_{ab}}{Y_{aa}} + \frac{Y_{ba}}{Y_{bb}}$$

ضریب ازدحام نسبی (RCC) به عنوان معیاری برای تعیین میزان رقابت بین گیاهان بر اساس فرمول زیر برآورد گردید: (Lithourgidis *et al.,* 2011):

$$RCC_{ab} = (Y_{ab}/Y_{aa}) / (Y_{ba}/Y_{bb})$$

در تمامی پارامترهای اندازه گیری شده،

Y_{ba} ,Y_{ab} :عملکرد در مخلوط، Y_{bb} ,Y_{aa} : عملکرد کشت خالص

و a: گیاه ارزن پروسو و b: گیاه شبدر برسیم در نظر گرفته شد. قابل ذکر است که کلیه آزمایش های مربوط به تجزیه خاک و اندازه گیری شاخص های کیفی علوفه در مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان چهارمحال وبختیاری اجرا شد.

به منظور تجزیه آماری داده ها، ابتدا نرمال بودن داده ها با استفاده از آزمون شاپیرو مورد بررسی قرار گرفت. سپس تجزیه واریانس داده ها با استفاده از رویه GLM، مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح احتمال ۰/۰۵ >P با نرم‌افزار SAS و رسم نمودارها با نرم افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده ها نشان داد که اثر ساده نوع کشت برای صفات عملکرد علوفه (تر و خشک)، پروتئین خام و عملکرد پروتئین علوفه علوفه معنی‌دار بود (جدول ۱)؛ از اینرو مقایسه میانگین داده ها به منظور گروه بندی تیمارها انجام شد که نتایج آن در جدول ۲، نشان داده شده است.

عملکرد علوفه تر کل

بر اساس نتایج مقایسه میانگین الگوهای مختلف کشت از نظر عملکرد علوفه تر (جدول ۲)، الگوی کشت مخلوط BC75:M25 و BC50:M50 به ترتیب با ۱۶/۰ و ۱۵/۴ تن در هکتار در جایگاه اول و دوم قرار گرفتند. جایگاه سایر الگوهای کشت بر اساس نتایج نشان داده شده در جدول ۲، به صورت زیر ثبت گردید:

BC75:M25-BC50:M50> BC0:M100-BC25:M75>BC100:M0

افزایش عملکرد در کشت مخلوط را میتوان به همیاری مثبت و دو جانبه ارزن پروسو–شبدر برای استفاده حداکثری از منابع نسبت داد. اگرچه تاثیر پارامترهایی همچون تفاوت در ساختار و مورفولوژی برگ و ریشه بقولات گندمیان در جذب نور و عناصر غذایی در مطالعه حاضر بررسی نگردید؛ اما نقش پارامتر های ذکر شده در سایر مطالعات بیانگر اهمیت این فاکتورها در استفاده حداکثری از منابع در سیستم کشت مخلوط می باشد (Ahmadi *et al*., 2016; Hauggaard-Nielsen *et al*., 2003; Bitew *et al*., 2021). همچنین تاثیر جذب بهتر عناصر بخصوص نیتروژن و فسفر در کشت مخلوط بقولات–گندمیان در مقایسه با کشت خالص و تاثیر آن بر بهبود عملکرد گزارش گردید (Assefa *et al*., ۲۰۱۶). در واقع اسیدی شدن ریزوسفر از طریق آزاد سازی اسیدهای آلی ریشه بقولات منجر به انتقال نیتروژن از بقولات به گندمیان و همچنین تحرک و جذب بیشتر فسفر و در نتیجه بهبود عملکرد می گردد (Assefa *et al*., ۲۰۱۶). در مجموع نتیجه بررسی پتانسیل تولید عملکرد علوفه تر در دو سیستم تک کشتی و کشت مخلوط در مطالعه حاضر حاکی از این واقعیت است که هر دو گیاه می توانند در کشت دوم و به صورت تک کشتی منبع مناسبی برای تولید میزان قابل قبولی علوفه تر باشند؛ اما به منظور حصول بالاترین میزان علوفه تر، ترکیب BC75:M25 و BC50:M50

جدول ۱. تجزیه واریانس عملکرد علوفه تر کل، عملکرد علوفه خشک کل، پروتئین خام علوفه و عملکرد پروتئین علوفه در الگوهای مختلف کشت

Table 1. Analysis of variance for total wet forage yield, total dry forage yield, forage crude protein and forage protein yield under different cropping arrangements

		میانگین مربعات Mean of square			
منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد علوفه تر کل Total wet forage yield	عملکرد علوفه خشک کل Total dry forage yield	پروتئین خام علوفه Forage crude protein	عملکرد پروتئین علوفه Forage protein yield
تکرار Rep	2	1.42	0.59	0.20	0.009
تیمار Treatment	4	6.43 *	1.21 *	26.22**	0.031**
خطای آزمایش Error	8	1.79	0.32	0.66	0.004
درصد ضریب تغییرات CV%	-	9.33	13.27	8.37	17.78

*و **: معنی دار به ترتیب در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

*,**: significant at the 5 and 1% probability levels, respectively

جدول ۲. مقایسه میانگین عملکرد علوفه تر کل، عملکرد علوفه خشک کل، پروتئین خام علوفه و عملکرد پروتئین علوفه در الگوهای مختلف کشت شبدر برسیم و ارزن پروسو

Table 2. Mean comparison for wet forage yield, dry forage yield, forage crude protein and forage protein yield under different cropping arrangements of Berseem clover and Proso millet

تیمار Treatment	عملکرد علوفه تر کل (تن/هکتار) Total wet forage yield (ton/ha)	عملکرد علوفه خشک کل (تن/هکتار) Total dry forage yield (ton/ha)	پروتئین خام علوفه (درصد) Forage crude protein (%)	عملکرد پروتئین علوفه (تن/هکتار) Forage protein yield (ton/ha)
۱۰۰٪ ارزن پروسو (کشت خالص) 100% Proso millet (monoculture)	14.4^{b}	4.1^{ab}	7.1^{d}	0.29^{c}
۷۵٪ ارزن پروسو- ۲۵٪ شبدر برسیم 75% Proso millet- 25% Berseem clover	13.4^{b}	3.5^{c}	8.0^{cd}	0.28^{c}
۵۰٪ ارزن پروسو- ۵۰٪ شبدر برسیم 50% Proso millet- 50% Berseem clover	15.4^{ab}	5.0^{a}	9.1^{bc}	0.46^{b}
۲۵٪ ارزن پروسو- ۷۵٪ شبدر برسیم 25% Proso millet- 75% Berseem clover	16.0^{a}	4.9^{ab}	9.8^{b}	0.48^{b}
۱۰۰٪ شبدر برسیم (کشت خالص) 100% Berseem clover (monoculture)	12.2^{c}	3.4^{c}	14.7^{a}	0.50^{a}

در هر ستون میانگین هایی با حرف مشترک از نظر آماری بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی دار (LSD) در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی داری ندارند

Means with the same letter(s) in each column are not statistically significant using LSD test at the 5% probability level

توصیه می شود.

عملکرد علوفه خشک کل

در خصوص عملکرد علوفه خشک نیز بر اساس نتایج مقایسه میانگین الگوهای مختلف کشت (جدول ۲)، جایگاه تیمارها بدین صورت ثبت گردید:

BC50:M50 - BC75:M25 - BC0:M100> BC25:M75 > BC100:M0

علوفه خشک تولیدی در کشت خالص ارزن پروسو در مقایسه با کشت شبدر برسیم به طور معنی داری بیشتر بود. با این وجود در مقایسه با کشت خالص، الگوی کشت مخلوط BC50:M50 و BC75:M25 به ترتیب با ۵/۰ و ۴/۹ تن در هکتار علوفه خشک در جایگاه اول و دوم قرار گرفتند و نسبت به کشت خالص ارزن پروسو به ترتیب ۱/۱۹ و ۱/۱۶ برابر و در مقایسه با کشت خالص شبدر برسیم به ترتیب ۱/۴۵ و ۱/۴۱ برابر افزایش در عملکرد علوفه خشک مشاهده شد (جدول ۲). دلیل این افزایش در عملکرد علوفه خشک در کشت مخلوط را می توان احتمالاً به قدرت نابرابر رقابت درون گونه ای و بین گونه ای در هر دو کشت نسبت داد. کاهش رقابت (درون گونه ای) در الگوی کشت مخلوط سبب استفاده بهتر از نور، مواد غذایی، آب و در نهایت آسیمیلاسیون بالاتر نسبت به الگوی تک کشتی می شود (Ahmadi *et al.*, 2016).

علاوه براین در توافق با نتایج مطالعه حاضر، در فرایند بررسی کشت مخلوط شبدر برسیم با ارقام جو و یولاف به منظور مقایسه پتانسیل تولید علوفه در دو سیستم کشت خالص و مخلوط گزارش شد که در کشت مخلوط شبدر برسیم- یولاف و شبدر برسیم- جو، پتانسیل تولید علوفه خشک در مقایسه با الگوی تک کشتی بهبود یافت (Ross *et al.*, 2004). به طور مشابه در مطالعه ای دیگر گزارش گردید که مخلوط جو و شبدر برسیم (۵۰:۵۰) با تراکم بالا نسبت به سایر تیمارها از نظر علوفه خشک برتری نشان داده اند (Kashani & Mesgarbashi, 2000). این برتری به پوشش گیاهی غالب گیاه جو نسبت شبدر ربط داده شد که منجر به استفاده بهتر هر دو گیاه از شرایط محیطی در مجاورت یکدیگر در الگوی کشت مخلوط گردید. همچنین جذب بیشتر نیتروژن، فسفر و پتاس در الگوی کشت مخلوط در مقایسه با الگوی تک کشتی به عنوان عامل احتمالی دیگر در برتری میزان علوفه خشک در الگوی کشت مخلوط در مقایسه با الگوی کشت خالص معرفی گردید (Kashani & Mesgarbashi, 2000). در مجموع، مشابه با نتایج بخش قبلی دو الگوی کشت مخلوط BC75:M25 و BC50:M50 با برتری نسبت به هر دو کشت خالص ارزن پروسو و شبدر برسیم از نظر عملکرد علوفه خشک در کشت دوم توصیه می شوند.

کیفیت علوفه در کشت خالص و مخلوط

در خصوص درصد پروتئین خام علوفه و عملکرد پروتئین علوفه، مقایسه میانگین تیمارها (جدول ۲) گروه بندی مشابه و قابل توجه ای را نشان داد:

BC100:M0> BC75:M25 >BC50:M50> BC25:M75 >BC0:M100

بیشترین و کمترین درصد پروتئین خام علوفه و عملکرد پروتئین علوفه به ترتیب به تیمار کشت خالص شبدر برسیم (BC100:M0) و کشت

جدول ۳. تجزیه واریانس عملکرد علوفه خشک ارزن پروسو و شبدر برسیم در الگوهای مختلف کشت هر گونه به طور مجزا

Table 3. Analysis of variance for dry forage yield of Proso millet and Berseem clover under different cropping arrangements of each species separately

		میانگین مربعات Mean of square	
منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد علوفه خشک ارزن پروسو Dry forage yield of Proso millet	عملکرد علوفه خشک شبدر برسیم Dry forage yield of Berseem clover
تکرار Rep	2	0.99	0.01
تیمار Treatment	3	3.261 **	7.356**
خطای آزمایش Error	6	0.045	0.043
درصد ضریب تغییرات CV%	-	10.23	15.156

**: معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد

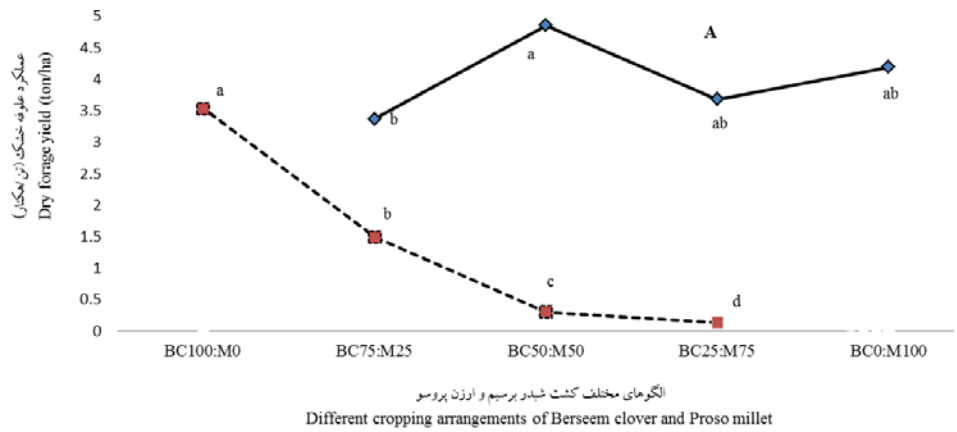
**: significant at the 1% probability level

خالص ارزن پروسو (BC0:M100) اختصاص داشت (جدول ۲). از سوی دیگر در الگوی کشت مخلوط با افزایش سهم شبدر و کاهش سهم ارزن پروسو در هر تیمار، درصد پروتئین خام و عملکرد پروتئین علوفه افزایش نشان داد (جدول ۲). افزایش در محتوای پروتئین خام علوفه به دلیل مشارکت و میزان سهم بقولات در مطالعات دیگر نیز گزارش شده است و به عنوان یکی از دلایل مهم گنجاندن بقولات در الگوی کشت مخلوط بقولات-گندمیان با هدف تولید علوفه با کیفیت بیان می شود (Lithourgidis *et al.*, 2011).

غلظت پروتئین خام یکی از ویژگی های کیفی مهم محصولات علوفه ای است و همواره برای ارزیابی کیفیت علوفه استفاده می شود. بر اساس مطالعات انجام شده با کاهش درصد پروتئین خام، میزان هضم پذیری علوفه به دلیل افزایش درصد دیواره سلولزی عاری از همی سلولز کاهش یافته و در نتیجه کیفیت علوفه کاهش می یابد (Arzani & Naseri, 2004). با توجه به اینکه پروتئین در سیتوپلاسم و کربوهیدرات های ساختمانی در دیواره سلولی تجمع می یابند، لذا افزایش ضخامت دیواره سلولی منجر به کاهش حجم سیتوپلاسم و ایجاد رابطه منفی بین پروتئین و ضخامت دیواره سلولی و الیاف خام می شود (Peiretti & Gai, 2006). بنابراین بر اساس نتایج مطالعه حاضر شبدر برسیم منجر به افزایش کیفیت علوفه تولیدی در کشت مخلوط می گردد؛ لذا چنانچه هدف از کشت مخلوط دستیابی به علوفه ای با کیفیت مطلوب باشد، بهترین ترکیب پیشنهادی بر اساس نتایج مطالعه حاضر BC75:M25 می باشد.

عملکرد علوفه خشک ارزن پروسو در کشت خالص و مخلوط

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین تیمارهای کشت خالص ارزن پروسو و کشت



شکل 1. عملکرد علوفه خشک ارزن پروسو در کشت مخلوط و خالص (نمودار A)؛ عملکرد علوفه خشک شبدر برسیم در کشت مخلوط و خالص (نمودار B)

Fig 1. Dry forage yield of Proso millet at intercropping and sole cropping (Line A); Dry forage yield of Berseem clover at intercropping and sole cropping (Line B)

مخلوط ارزن از نظر عملکرد علوفه خشک حاصل از ارزن پروسو تفاوت معنی داری وجود دارد (جدول ۳). اما بر اساس نتایج مقایسه میانگین ها هم پوشانی قابل توجهی بین تیمارها وجود داشت (شکل ۱، نمودار A).

با خروج از کشت خالص ارزن پروسو و ورود به کشت مخلوط با جایگزینی ۲۵ درصد شبدر برسیم عملکرد علوفه خشک ارزن ابتدا روند کاهشی (غیر معنی دار) نشان داد، درحالیکه که در الگوی BC50:M50، ارزن با ۴/۹ تن در هکتار علوفه خشک (۰/۸۶ برابر اما غیر معنی دار در مقایسه با کشت خالص ارزن) بیشترین سهم علوفه خشک را به خود اختصاص داد (شکل ۱، نمودار A). افزایش عملکرد ارزن پروسو در این الگوی کشت در مقایسه با کشت خالص ارزن را می توان احتمالاً به ضعف رقابتی شبدر برسیم در مقایسه با ارزن در استفاده از نیتروژن تثبیت شده توسط شبدر برسیم نسبت داد. در ادامه با کاهش سهم ارزن از ۵۰ درصد به ۲۵ درصد (BC75:M25)، عملکرد علوفه خشک ارزن پروسو کاهش معنی دار نشان داد (۱/۲۴- برابر در مقایسه با ارزن خالص پروسو) (شکل ۱، نمودار A) که این امر نشان دهنده نقش اثرگذار ارزن بر عملکرد علوفه در الگوی کشت مزبور می باشد. به طور مشابه در بررسی عملکرد علوفه حاصل از کشت مخلوط ارزن علوفه ای و لوبیا چشم بلبلی گزارش شد که بین تک کشتی ارزن و تیمارهای ۷۵ و ۵۰ درصد ارزن در کشت مخلوط جایگزینی از نظر آماری تفاوت معنی داری از نظر عملکرد وجود نداشت (Hosseini *et al.*, 2003). با این وجود با کاهش سهم ارزن علوفه ای تا ۷۵ درصد در کشت مخلوط، عملکرد ارزن علوفه ای به طور معنی داری در مقایسه با کشت خالص ارزن کاهش یافت.

عملکرد علوفه خشک شبدر برسیم در کشت خالص و مخلوط

براساس نتایج تجزیه واریانس بین تیمار های شبدر برسیم خالص و کشت مخلوط شبدر برسیم از نظر عملکرد علوفه خشک حاصل از

شبدر برسیم تفاوت معنی داری وجود دارد (جدول ۳). بطوری که نتایج مقایسه میانگین ضمن تایید این نتیجه، گروه بندی قابل توجه‌ی (چهار گروه مجزا) را نیز نشان داد (شکل ۱ ، نمودارB). بر اساس نتایج مقایسه میانگین، شبدر در الگوی کشت خالص با ۳/۵ تن در هکتار بیشترین و در تیمار ۷۵ درصد ارزن پروسو- ۲۵ درصد شبدربرسیم با ۰/۱۴ تن در هکتار کمترین عملکرد علوفه خشک را به خود اختصاص داد. همچنین نتایج نشان داد که با افزایش سهم ارزن در کشت مخلوط جایگزینی، عملکرد شبدر برسیم کاهش یافت (شکل ۱، نمودارB)؛ به طوری که با جایگزین کردن ارزن پروسو به نسبت ۲۵ درصد، ۵۰ درصد و ۷۵ درصد در الگوی کشت و تبدیل الگوی کشت خالص شبدر برسیم به کشت مخلوط، به ترتیب کاهش ۲/۳۵، ۱۱/۴۷ و ۲۵/۲۱ برابری در عملکرد علوفه خشک شبدر برسیم در مقایسه با کشت خالص شبدر برسیم حاصل شد (شکل ۱ ، نمودارB).

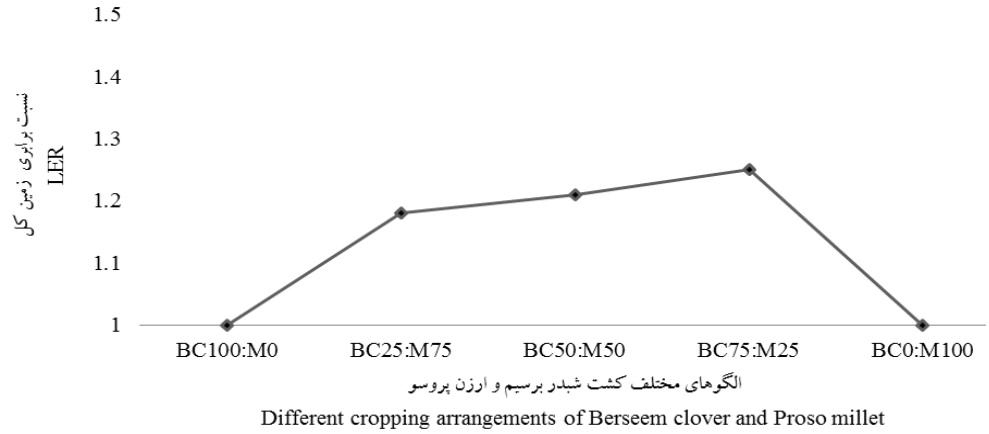
کاهش عملکرد شبدر برسیم با افزایش سهم ارزن پروسو در تیمارهای مختلف کشت مخلوط را احتمالاً می توان به غالبیت بالای ارزن در سایه اندازی بر روی شبدر برسیم و بخصوص قدرت رقابتی بالاتر گندمیان برای نیتروژن غیر آلی خاک (N) نسبت به بقولات به دلیل رشد سریع تر و عمیق تر ریشه و تقاضای بیشتر برای نیتروژن نسبت داد (Hauggaard-Nielsen *et al.*, 2003). از این رو بقولات برای تامین نیتروژن مورد نیاز معمولاً اتکای خود را به تثبیت همزیستی N_2 افزایش می دهند (Li *et al.*, 2006). در مجموع با توجه به اهمیت نیتروژن در رشد رویشی گیاهان و قدرت رقابتی کمتر بقولات در مقایسه با گندمیان، به نظر می رسد که شبدر برسیم برای بهره‌مندی بیشتر از مزایای کشت مخلوط به تراکم کاشت بالاتری نسبت به ارزن پروسو نیاز دارد.

شاخص های رقابتی کشت مخلوط

شاخص های رقابتی شامل نسبت برابری زمین و ضریب ازدحام نسبی برای توصیف رقابت در کشت مخلوط ایجاد شده‌اند. شاخص‌های محاسباتی بر پایه فرمول های ریاضی می‌توانند ویژگی های مختلف رقابت در جوامع گیاهی از جمله شدت رقابت، اثرات رقابتی و نتیجه رقابت را بیان کنند و امکان مقایسه نتایج حاصل از مطالعات مختلف را با استفاده از شاخص مشابه فراهم می کنند (Midya *et al.*, 2005).

نسبت برابری زمین (LER)

مناسب ترین شاخص واحد برای بیان مزیت عملکرد سیستم های کشت مخلوط احتمالاً LER است که به عنوان سطح نسبی زمین مورد نیاز در کشت های تک محصولی برای حصول بازدهی مشابه در کشت مخلوط تعریف می شود. از این رو مزایای LER عبارت است از: (الف) مبنای استاندارد شده ای را فراهم می کند تا بتوان گیاهان را برای ایجاد عملکردهای ترکیبی اضافه کرد (ب) امکان نمایش اثرات رقابتی را از طریق مقایسه بین LER های فردی فراهم می نماید و (ج) می توان از آن به عنوان معیاری از سودمندی عملکرد نسبی استفاده نمود (Mead & Willey, 1980). در آزمایش حاضر، LER در تمام الگوهای کشت مخلوط بیش از یک و برابر ۱/۱۸ (BC25:M75)، ۱/۲۳



شکل 2. نسبت برابری زمین کل در الگوهای مختلف کشت مخلوط؛ BC و M به ترتیب نشان دهنده شبدر برسیم و ارزن پروسو ؛ اعداد کنار هر گونه نشان دهنده درصد سهم هر گونه در کشت مخلوط جایگزینی می باشد

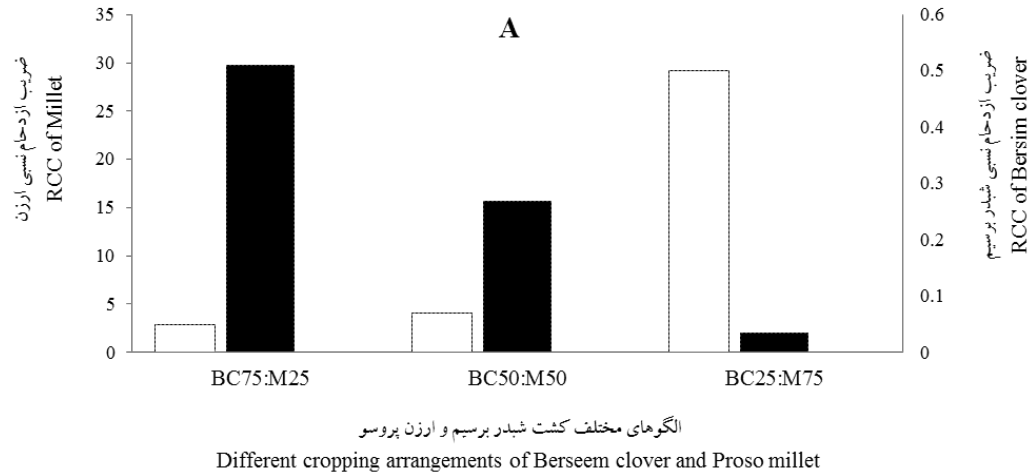
Fig 2. Total land equality ratio (LER) in the different intercropping arrangements; BC and M respectively indicate Berseem clover and Proso millet; The numbers next to each species indicate the percentage share of each species in the replacement intercropping

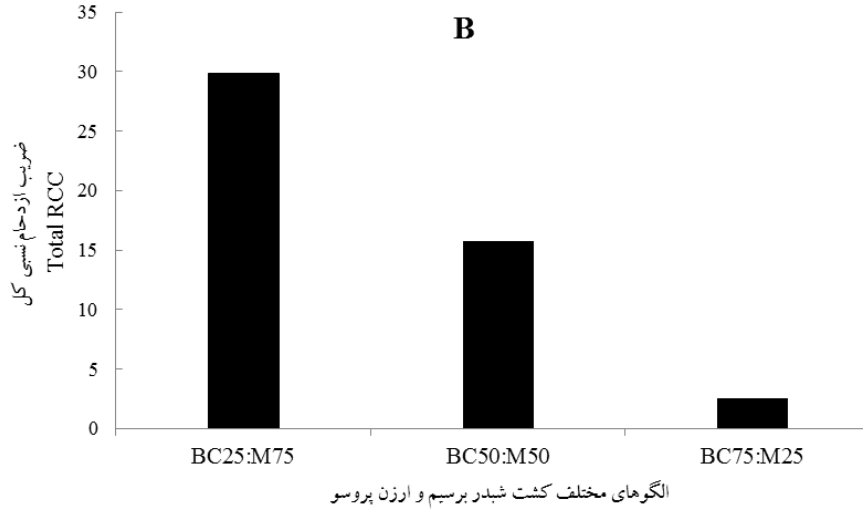
(BC50:M50) و ۱/۲۵ (BC75:M25) بود (شکل ۲) که نشان دهنده برتری کشت مخلوط نسبت به کشت خالص و به عبارتی برتری تسهیل بین گونه ای نسبت به رقابت بین گونه ای می باشد. بیشترین نسبت برابری زمین معادل ۱/۲۵ و متعلق به الگوی کشت BC75:M25، بدین معنی است که برای حصول عملکردی معادل با الگوی ذکر شده، سطح زیر کشت در الگوی کشت خالص باید ۲۵ درصد افزایش یابد.

سودمندی کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص بر اساس شاخص LER می تواند ناشی از تنظیم موثر ساختار کنوپی به منظور افزایش دریافت و جذب نور در کشت مخلوط باشد که این امر منجر به تامین انرژِی لازم برای انجام مطلوب فرایندهای فتوسنتزی می گردد (Najafi *et al.,* 2012). همچنین یکی از دلایل افزایش LER در سیستم های کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص را به استفاده کارآمد و موثر از منابع موجود در واحد سطح با توجه به سیستم ریشه ای متفاوت اجزا، تثبیت نیتروژن، کنترل بهتر علف های هرز و به تبع آن افزایش رشد بخش رویشی نسبت داده اند (Machiani *et al.,* 2019) . به عبارتی در کشت مخلوط اثر مکمل دو گیاه نسبت به هم در استفاده از منابع بخصوص نیتروژن و آب و به تبع آن کاهش تقاضا برای نهاده های خارجی می تواند منجر به برتری کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص گردد. از سوی دیگر کاهش میزان کل رقابت بواسطه کاهش رقابت بین گونه ای در کشت مخلوط نیز می تواند منجر به برتری کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص گردد. این کاهش رقابت برون گونه ای از اختلافات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی اجزا ناشی می شود (Rezaei-Chiyaneh *et al.,* 2015).

ضریب ازدحام نسبی

ضریب ازدحام نسبی جزئی میزان رقابت بین دو گونه را منعکس می کند و حاکی از غالبیت





شکل 3. ضریب ازدحام نسبی ارزن پروسو و شبدر برسیم در الگوهای مختلف کشت مخلوط (A)؛ ضریب ازدحام نسبی کل الگوهای مختلف کشت مخلوط (B)؛ BC و M به ترتیب نشان دهنده شبدر برسیم و ارزن پروسو؛ اعداد کنار هر گونه نشان دهنده درصد سهم هر گونه در کشت مخلوط جایگزینی می باشد

Fig 3. Relative crowding coefficient of Proso millet and Berseem clover in different patterns of intercropping (A); The total relative crowding coefficient of different intercropping arrangements (B); BC and M respectively indicate Berseem clover and Proso millet; The numbers next to each species indicate the percentage share of each species in the replacement intercropping

یک گونه نسبت به گونه دیگر در کشت مخلوط می باشد. از سوی دیگر هر اندازه مقدار ضریب ازدحام نسبی (کل) بزرگ تر از واحد باشد بدان معنی است که هر دو گیاه در کشت مخلوط اثرات رقابتی کمتری بر یکدیگر دارند و در نتیجه کارایی کشت مخلوط افزایش خواهد یافت.

در مطالعه حاضر ضریب ازدحام نسبی جزء شبدر برسیم در همه نسبت های کشت شده کمتر از یک (۰/۰۵، ۰/۰۷ و ۰/۵۸ به ترتیب متعلق به ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد سهم شبدر برسیم در الگوی کشت مخلوط جایگزینی) و برای ارزن پروسو بیشتر از یک (۲/۰۳، ۱۵/۶۵ و ۲۹/۷۹ به ترتیب متعلق به ۲۵، ۵۰ و ۷۵ درصد سهم ارزن پروسو

در الگوی کشت مخلوط جایگزینی) بود که بیانگر قدرت رقابت بالاتر ارزن نسبت به شبدر برسیم در کشت مخلوط می باشد (شکل A۳). یکی از دلایل غالب بودن ارزن در الگوی کشت مخلوط را می توان به سیستم ریشه ای و همچنین سیستم فتوسنتزی ارزن (چهار کربنه) نسبت داد که منجر به استفاده بهتر و بیشتر از منابع می شود. اگر چه در بسیاری از مطالعات قدرت رقابت بالاتر گندمیان در مقایسه با بقولات در کشت مخلوط تایید شده است، اما این غالبیت در برخی از مطالعات نقض گردید (Lithourgidis *et al.*, 2011). همچنین از آنجا که ضریب ازدحام نسبی کل در هیچ یک از الگوهای کشت مخلوط در مطالعه حاضر کمتر از یک نبود (۲۹/۸۴، ۱۵/۷۲ و ۲/۶۱ به ترتیب متعلق به BC25:M75، BC50:M50 و BC75:M25) (شکل B۳)؛ نشان دهنده سودمندی الگوی کشت مخلوط در مقایسه با الگوی کشت خالص می باشد که با نتایج حاصل از شاخص LER مطابقت داشت.

نتیجه گیری کلی

مطالعه حاضر نشان داد که مخلوط شبدر برسیم با ارزن پروسو در هر یک از نسبت های کاشته شده دارای مزیت عملکردی تولید علوفه برای بهره‌برداری از منابع زیست محیطی موجود در مقایسه با تک‌کشت‌های مربوطه خود هستند. با این وجود و با توجه به قدرت رقابتی کمتر شبدر برسیم در مقایسه با ارزن پروسو بر اساس شاخص ضریب ازدحام نسبی، شبدر برسیم برای بهره مندی بیشتر از مزایای کشت مخلوط به تراکم کاشت بالاتری نسبت به ارزن پروسو نیاز دارد. در مجموع بر اساس نتایج مطالعه حاضر، ترکیب تیماری ۲۵ درصد ارزن پروسو- ۷۵ درصد شبدر برسیم از نظر تولید علوفه ای با کمیت و کیفیت مطلوب قابل توجه می باشد. از سوی دیگر نتایج به‌دست‌آمده از شاخص‌نسبت برابری زمین، مزیت برتر این ترکیب را به دلیل کارایی بهتر کاربری اراضی نسبت به سایر تیمارها تایید نمود. این ترکیب می تواند از نظر اقتصادی و زیست‌محیطی در توسعه تولید محصول پایدار (علوفه) به عنوان کشت دوم یا تابستانه در منطقه شهرکرد یا سایر مناطق سردسیر امیدوارکننده باشد.

References

Ahmadi, F., Telavat, M. R. M., and Siadat, S. A. 2016. Effect of manure application and intercropping ratios on forage yield and quality of oat (*Avena sativa* L.) and berseem clover (*Trifolium alexandrinum* L.). *Iranian Journal of Crop Sciences*, 18(3), 245-256 (In Persian).

Akuja, T. E., Akundabweni, L. S., and Chweya, J. A. 2003. Effect of intercropping finger millet with two indigenous legumes at different nitrogen levels in Kabete and Njoro, Kenya. *Eastern Africa Journal of Rural Development*, *19*(1), 81-89.

Al-Khateeb, S. A., Leilah, A. A., Al-Thabet, S. S., and Al-Barak, K. M. 2001. Study on mixed sowing of Egyptian clover (*Trifolium alexandrinum* L.) with ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.), Barley (*Hordeum vulgare* L.) and oat (*Avena fatua* L.) on fodder yield and quality. *Egyptian Journal of Applied Sciences*, *16*: 159-171.

Arzani, H., and Naseri, K.L. 2007. *Livestock Feeding on Pasture* (Translated), University of Tehran press.

Assefa, A., Tana, T., Dechassa, N., Dessalgn, Y., Tesfaye, K., and Wortmann, C. S. 2016. Maize-common bean/lupine intercrop productivity and profitability in maize-based cropping system of Northwestern Ethiopia. *Ethiopian Journal of Science and Technology*, *9*(2), 69-85.

Bitew, Y., Alemayehu, G., Adgo, E., and Assefa, A. 2021. Competition, production efficiency and yield stability of finger millet and legume additive design intercropping. *Renewable Agriculture and Food Systems*, *36*(1), 108-119.

Carr, P. M., Horsley, R. D., and Poland, W. W. 2004. Barley, oat, and cereal–pea mixtures as dry land forages in the northern Great Plains. *Agronomy Journal*, *96*(3), 677-684.

El-Karamany, M. F., Bakry, B. A., and Elewa, T. A. E. F. 2014. Integrated action of mixture rates and nitrogen levels on quantity and quality of forage mixture from Egyptian clover and barley in sandy soil. *Agricultural Sciences*, *5*(14), 1539.

Hall, D. D., Cromwell, G. L., and Stahly, T. S. 1991. Effects of dietary calcium,

phosphorus, calcium: phosphorus ratio and vitamin K on performance, bone strength and blood clotting status of pigs. *Journal of Animal Science*, 69(2), 646-655.

Hauggaard-Nielsen, H., Ambus, P., and Jensen, E. S. 2003. The comparison of nitrogen use and leaching in sole cropped versus intercropped pea and barley. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, *65*: 289-300.

Hosseini, S. M. B., Mazaheri, D., Jahansouz, M. R., and Yazdi Samadi, B. 2003. The effects of nitrogen levels on yield and yield components of forage millet (*Pennisetum americanum*) and cowpea (*Vigna unguiculata*) in intercropping system. *Pajouhesh & Sazandegi*, 59: 60-67 (In Persian).

Iannucci, A., Fonzo, N. D., and Martiniello, P. 1996. Effects of the developmental stage at harvest on dry matter and chemical component partitioning in berseem. *Journal of Agronomy and Crop Science*, *176*(3), 165-172.

Jafari, A., Connolly, V., Frolich, A., and Walsh, E. J. 2003. A note on estimation of quality parameters in perennial ryegrass by near infrared reflectance spectroscopy. *Irish Journal of Agricultural and Food Research*, 1: 293-299.

Kashani, A., and Mesgarbashi, M. 2000. The effect of intercropping barely and berseem clover on yield in Ahvaz climatical conditions in three years. *Iranian Journal of Crop Science*, 4(1), 42-56 (In Persian).

Li, L., Sun, J., Zhang, F., Guo, T., Bao, X., Smith, F. A., and Smith, S. E. 2006. Root distribution and interactions between intercropped species. *Oecologia*, *147*: 280-290.

Lithourgidis, A. S., Vlachostergios, D. N., Dordas, C. A., and Damalas, C. A. 2011. Dry matter yield, nitrogen content, and competition in pea–cereal intercropping systems. *European Journal of agronomy*, *34*(4), 287-294.

Machiani, M. A., Rezaei-Chiyaneh, E., Javanmard, A., Maggi, F., and Morshedloo, M. R. 2019. Evaluation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seed yield and quali-quantitative production of the essential oils from fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.) and dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.) in intercropping system under humic acid application. *Journal of Cleaner Production*, *235*: 112-122.

Mead, R., and Willey, R.1980. The concept of a 'land equivalent ratio'and advantages in yields from intercropping. *Experimental Agriculture*, *16*(3), 217-228.

Midya, A., Bhattacharjee, K., Ghose, S. S., and Banik, P. 2005. Deferred seeding of blackgram (*Phaseolus mungo* L.) in rice (*Oryza sativa* L.) field on yield advantages and smothering of weeds. *Journal of Agronomy and Crop Science*, *191*(3), 195-201.

Najafi, N., Mardomi, S., and Oustan, S. 2012. The effect of waterlogging sewage sludge and manure on selected macronutrients and sodium uptake by sunflower plant in a loamy sand soil. *Journal of Water and Soil*, 26 (3), 619-636.

Peiretti, P. G., and Gai, F. 2006. Chemical composition, nutritive value, fatty acid and amino acid contents of Galega officinalis L. during its growth stage and in regrowth. *Animal Feed Science and Technology*, *130*(3-4), 257-267.

Rakeih, N., Kayyal, H., Larbi, A., and Habib, N. 2010. Forage potential of triticale in mixtures with forage legumes in rainfed regions (Second and third stability zones) in Syria. *Jordan Journal of Agricultural Sci*ence, *6*(2), 194-207.

Rezaei-Chiyaneh, I., Tajbakhsh, M., and Fotohi Chiyaneh, S. 2015. Yield and yield components of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) in strip intercropping with ajowan (*Carum copticum* L.) influenced by bio and chemical fertilizer. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, *24*(4), 1-15.

Ross, S. M., King, J. R., O'Donovan, J. T., and Spaner, D. 2004. Forage potential of intercropping berseem clover with barley, oat, or triticale. *Agronomy Journal*, *96*(4), 1013-1020.

Salama, H. S. A. 2020. Mixture cropping of berseem clover with cereals to improve forage yield and quality under irrigated conditions of the Mediterranean basin. *Annals of Agricultural Sciences*, *65*(2), 159-167

Salama, H. S. A., and Badry, H. H. 2015. Influence of variable mixing rates and nitrogen fertilization levels on the fodder quality of Egyptian clover (*Trifolium alexandrinum* L.) and annual ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.). *African*

Journal of Agricultural Research, *10*(53), 4858-4864.

Thilakarathna, M. S., and Raizada, M. N. 2015. A review of nutrient management studies involving finger millet in the semi-arid tropics of Asia and Africa. *Agronomy*, *5*(3), 262-290.

Vandermeer, J. H. 1990. *Intercropping in Agro- ecology*. In C.R. Carroll, J. H. Vandermeer and P. Rosset (Eds.). McGraw-Hill publishing.

Weil, R. R., and McFadden, M. E. 1991. Fertility and weed stress effects on performance of maize/soybean intercrop. *Agronomy Journal*, *83*(4), 717-721.

Yucel, C., Inal, I., Yucel, D., and Hatipoglu, R. 2018. Effects of mixture ratio and cutting time on forage yield and silage quality of intercropped berseem clover and Italian ryegrass. *Legume Research-An International Journal*, *41*(6), 846-853.

Zhang, P. P., Hui, S., Ke, X. W., Jin, X. J., Yin, L. H., Yang, L., and Feng, B. L. 2016. GGE biplot analysis of yield stability and test location representativeness in proso millet (*Panicum miliaceum* L.) genotypes. *Journal of Integrative Agriculture*, 15(6), 1218-1227.

Comparison of forage production potential in Berseem clover– Proso millet intercropping with sole cropping in cold regions

Shiva Zarei Chaleshtori [1], Amir Aynehband[2], Soraya Karami[3*]

1. PhD Student, Agronomy Department, Ahvaz Branch, Khuzestan Science and Research Branch, Islamic Azad University, Ahvaz, Iran
2. Professor, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran.
3. Assistant Professor, Department of Agriculture, Payame Noor University (PNU), Tehran, Iran.

Received: May 2024 Accepted: August 2024- DOI: 10.22092/aj.2024.365792.1677

Extended Abstract

Zarei Chaleshtori, SH., Aynehband, A., Karami, S., Comparison of forage production potential in Berseem clover– Proso millet intercropping with sole cropping in cold regions.
Applied Research in Field Crops Vol 36, No. 2, 2023 7-9: 40-57(in Persian)

Introduction:

The use of plants capable of second or summer cultivation in cold regions, such as Shahrekord, can increase production per unit area and optimize the use of productive resources like land. Unlike sole cropping system, intercropping aligned with ecological goals (Salama, 2020) enhances resource consumption efficiency and yield stability (Bitew *et al.,* 2021). Therefore, this study was designed and implemented to: (i) investigate the forage yield of Proso millet and Berseem clover in sole cropping and intercropping systems; (ii) examine the effect of competition between the species used (legume and grass) in intercropping; (iii) analyze the interrelationships between the components of the intercropping using different competition indices; and (iv) evaluate which intercropping managements is better for resource management with respect to forage yield and competition indices.

Materials & Methods:

A field experiment using a randomized complete block design was conducted with three replications and five treatments in June 2019 in Shahrekord, Iran. The

Email address of the corresponding author: soraya.karami@pnu.ac.ir

treatments included intercropping of Berseem clover- Proso millet (75%- 25%, 50%- 50%, 25%- 75%) and sole cropping of each component crops. Harvesting of all treatments was done at the milking stage of seed millet (late September). The evaluated traits were wet forage yield (ton/ha), dry forage yield (ton/ha), forage crude protein (%) and forage protein yield (ton/ha). Competition indices such as land equality ratio (LER) and relative crowding coefficient (RCC) were used to evaluate intercropping systems (Midya *et al.,* 2005). Competitive indices, such as LER and RCC, have been developed to describe competition in intercropping systems. These indices, calculated using mathematical formulas, can express various characteristics of competition in plant communities, including the intensity of competition, competitive effects, and outcomes. They also allow for the comparison of results from different studies using the same index (Midya *et al.,* 2005). The data were tested for normality using the Shapiro test before being subjected to analysis of variance (ANOVA) based on a randomized complete block design model, utilizing the GLM procedure of the SAS statistical program. Treatment means were separated using the LSD test (P = 0.05), and graphs were created with Excel software.

Results & Discussion:

The results of analysis of variance of the evaluated traits showed that intercropping patterns had significant effect on all of the studied traits of Proso millet and Berseem clover. The maximum wet forage yield (16.0 ton/ha) and dry forage yield (5.0 ton/ha) were obtained at 25% Proso millet- 75% Berseem clover and 50% Proso millet- 50% Berseem clover, respectively. The highest percentage of forage crude protein and forage protein yield were found in the sole cropping of Berseem clover. As the share of Berseem clover decreased in intercropping, a downward trend was observed in both crude protein and forage protein yield. The highest LER values (1.25) was obtained from 25% Proso millet- 75% Berseem clover. Proso millet, with RCC>1 was identified as the dominant species, having higher relative forage yield value compared to Berseem clover in all intercropping systems.

Conclusion:

The present study showed that the mixture of Berseem clover with Proso millet, in various planting ratios, offers a functional advantage in forage production by better exploiting available environmental resources compared to their respective monocultures. However, due to the lower competitive power of Berseem clover compared to Proso millet, as indicated by the RCC, Berseem clover needs a higher planting density to fully benefit from intercropping. In general, the results of this study indicate that a 25% Proso millet and 75% Berseem clover combination is particularly effective in producing forage with desirable quantity and quality. Additionally, the LER results confirmed the superior advantage of this combination due to more efficient land use compared to other treatments. This combination can be economically and environmentally promising for sustainable forage production as a second or summer crop in the Shahrekord region or other cold regions.

Keywords: Dominant species, Equal ratio of land, Forage production, Grass, Leguminous

References:

Bitew, Y., Alemayehu, G., Adgo, E., and Assefa, A. 2021. Competition, production efficiency and yield stability of finger millet and legume additive design intercropping. *Renewable Agriculture and Food Systems*, *36*(1), 108-119.

Midya, A., Bhattacharjee, K., Ghose, S. S., and Banik, P. 2005. Deferred seeding of blackgram (*Phaseolus mungo* L.) in rice (*Oryza sativa* L.) field on yield advantages and smothering of weeds. *Journal of Agronomy and Crop Science*, *191*(3), 195-201.

Salama, H. S. A., and Badry, H. H. 2015. Influence of variable mixing rates and nitrogen fertilization levels on the fodder quality of Egyptian clover (*Trifolium alexandrinum* L.) and annual ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.). *African Journal of Agricultural Research*, *10*(53), 4858-4864.