نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۱، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۲۴۳-۲۳۱

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.1, Spring 2019, p. 231-243

تأثیر کشت مخلوط جو (*Hordeum vulgare* L.) و شبدر ایرانی (*Trifolium resupinatum* L.) بر ویژگی‌های کمی علوفه

رامین نظریان[۱]، علیرضا کوچکی[۲*]، مهدی نصیری محلاتی[۲] و پرویز رضوانی مقدم[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۲/۲۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۰۶

نظریان، ر.، کوچکی، ع.، نصیری محلاتی، م.، و رضوانی مقدم، پ. ۱۳۹۸. تأثیر کشت مخلوط جو (*Hordeum vulgare* L.) و شبدر ایرانی (*Trifolium resupinatum* L.) بر ویژگی‌های کمی علوفه. بوم‌شناسی کشاورزی، ۱۱(۱): ۲۴۳-۲۳۱.

چکیده

جهت بهینه‌سازی نسبت و آرایش کاشت در مخلوط جو (*Hordeum vulgare* L.) و شبدر ایرانی (*Trifolium resupinatum* L.)، آزمایشی بصورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ اجرا شد. آرایش کاشت در پنج سطح (مخلوط ردیفی ۱:۱(M_1)، مخلوط ردیفی ۲:۲ (M_2)، مخلوط نواری ۳:۳ (M_3)، مخلوط نواری ۴:۴ (M_4) و مخلوط درهم (M_5)) بعنوان کرت اصلی و نسبت کاشت نیز در پنج سطح (مخلوط افزایشی ۵۰٪ شبدر + ۱۰۰٪ جو (R_5)، مخلوط افزایشی ۲۵٪ شبدر + ۱۰۰٪ جو (R_4)، مخلوط جایگزینی ۵۰٪ جو + ۵۰٪ شبدر (R_3) همرا با جو خالص (R_2) و شبدر خالص (R_1)) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج آزمایش حاکی از تأثیر معنی‌دار ($P<0.01$) آرایش و نسبت کاشت بر وزن خشک علوفه و همچنین عملکرد پروتئین بود. بیشترین وزن خشک علوفه از کشت جو خالص (۱۴۷۳۱ کیلوگرم در هکتار) و مخلوط درهم (۱۲۸۵۷/۹ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد. بیشترین عملکرد پروتئین نیز از نسبت کاشت جو خالص (۱۹۶۲/۲کیلوگرم در هکتار) و آرایش کاشت مخلوط درهم (۱۵۸۴/۳۸ کیلوگرم در هکتار) حاصل شد. اثر آرایش کاشت بر نسبت برابری زمین معنی‌دار نبود ولی نسبت کاشت بر نسبت برابری زمین تأثیر معنی‌دار داشت ($P<0.01$). بیشترین نسبت برابری زمین متعلق به نسبت کاشت R_5 (۱/۲۸) و آرایش کاشت M_4 (۱/۲۳) بود. تأثیر آرایش و نسبت کاشت بر ضریب ازدحام نسبی (K) معنی‌دار نبود، ولی بیشترین مقدار ضریب ازدحام نسبی متعلق به نسبت کاشت R_4 (۳۵/۳۳) وکمترین مقدار متعلق به R_5 (۲۳/۲۴-) بود. اثر آرایش و نسبت کاشت بر شاخص تهاجم معنی‌دار بود، منفی شدن شاخص تهاجم شبدر بیانگر مغلوب بودن شبدر در کشت مخلوط بوده و همان‌گونه که آشکار شد جو دارای قابلیت رقابتی بیشتر برای تسخیر منابع در کشت مخلوط بود. شاخص‌های اقتصادی کاهش عملکرد واقعی (AYL) و سودمندی اقتصادی (IA) بیانگر مزیت کشت مخلوط جو و شبدر نسبت به حالت تک‌کشتی بوده بطوری‌که بیشترین سودمندی اقتصادی در نسبت کاشت مخلوط R_4 (۷۲۶۲۸۳۳ ریال) و آرایش کاشت مخلوط M_4 (۴۹۷۴۸۴۰ ریال) حاصل گردید.

واژه‌های کلیدی: آرایش کاشت، کشت مخلوط، نسبت برابری زمین، نسبت کاشت

مقدمه

کشت مخلوط دو یا چند گیاه، یک جامعه گیاهی را به وجود می‌آورد که قادرند از منابع بهتر استفاده کرده و در نتیجه کمیت و کیفیت محصول بهبود پیدا کند. کشت مخلوط در مناطق گرمسیری جهان به طور گسترده‌ای متداول می‌باشد و در حال حاضر این نظام کشت در مناطق معتدل نیز به سرعت در حال گسترش است. چندین عامل می‌تواند بر رشد گونه‌های استفاده شده در کشت مخلوط مؤثر باشد، که از جمله می‌توان انتخاب رقم، نسبت بذر و رقابت بین اجزای مخلوط را نام برد (Carr et al., 2004). کشت مخلوط غلات-بقولات برای توسعه سیستم پایدار تولید غذا، بخصوص در صورت محدودیت نهاده‌های خارجی مهم است. اکثر آزمایش‌های کشت مخلوط شامل گیاهان خانواده بقولات و غلات هستند. غلات از نظر تولید ماده خشک در سطح بالایی قرار دارند، ولی از حیث پروتئین فقیرند اما بقولات بالعکس دارای مقدار پروتئین بیشتری می‌باشند. لذا مخلوط غلات و بقولات منجر به تولید علوفه با کیفیت بالا می‌شود

۱- استاد گروه اگرانومی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه هرات- افغانستان و دانشجوی سابق دانشگاه فردوسی مشهد
۲- استاد گروه اگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*-نویسنده مسئول: Email: akooch@um.ac.ir)
DOI:10.22067/jag.v11i1.45221

(Sistach, 1990). کشت مخلوط غلات با شبدر به عنوان یک گزینه جهت تولید سیلو در سیستم‌های کشاورزی کم‌نهاده مطرح شده است (Jones & Clements, 1993). البته، ممکن است از این نوع مخلوط جهت تولید دانه نیز استفاده کرد (Clements & Donaldson, 1997; Thorsted et al., 2002). یکی از مزایای کشت مخلوط غلات– بقولات در مناطق نیمه‌خشک ترکیب محصولاتی با توانایی متفاوت در استفاده از منابع نیتروژن است. غلات ممکن است بیشتر از بقولات برای کسب نیتروژن معدنی در خاک رقابت کنند، اما بقولات قادرند در اثر رابط همزیستی با انواع باکتری‌های *رایزوبیوم* موجود در خاک نیتروژن را تثبیت نمایند (Benites et al., 1993). زمانی‌که بقولات با غلات به صورت مخلوط کشت می‌شوند، جذب نیتروژن توسط غلات در اثر انتقال مستقیم آن از بقولات بهبود می‌یابد (Giller & Wilson., 1991). آنیل و همکاران (Anil & et al., 1998) گزارش کردند که در کشت مخلوط غلات و شبدر (*Trifolium resupinatum* L.) نیتروژن تثبیت شده و در اختیار سیستم کاشت قرار می‌گیرد. توانایی تطابق بقولات با الگوهای مختلف کشت و توانایی آنها در تثبیت نیتروژن، فرصتی جهت افزایش بهره‌وری محسوب می‌شود (Jeyabal & Kuppuswamy., 2001). بعلاوه در سیستم کشت مخلوط با بقولات فرسایش خاک کاهش یافته و علف‌های هرز سرکوب و کنترل می‌شوند (Exner & Cruse, 1993). سیستم‌های کشت مخلوط، بخصوص بقولات و غلات، دارای مزایای زیادی از جمله داشتن عملکرد کل بالا و کارآیی بهتر استفاده از زمین (Dhima et al., 2007)، ثبات عملکرد در سیستم کشت (Lithourgidis et al., 2006)، استفاده بهتر از نور، آب و مواد غذایی (Javanmard et al., 2009)، بهبود ظرفیت نگهداری خاک (Anil et al.,1998)، و کنترل بهتر آفات و بیماری‌ها می‌باشد (Banik et al., 2006).

ون‌وتبرگ و همکاران (Von Wettberg et al., 2004) در آزمایشی که بر روی کشت مخلوط گندم (*Triticum aestivum* L.) – شبدر انجام دادند ملاحظه کردند که بیوماس علف‌های هرز بین ردیف‌ها با افزایش فاصله از نزدیک‌ترین ردیف گندم افزایش یافت. تورستد و همکاران (Thorsted et al., 2006) گزارش کردند که کشت نواری گندم توسط دستگاه خاکورز دوار باعث کاهش رقابت زودهنگام بین شبدر و گندم زمستانه گردید. همچنین واینر و همکاران (Weiner et al., 2003) بیان نمودند که رقابت گیاه در زیر زمین، به نظر می‌رسد متقارن به اندازه آن است، یعنی گیاهان بر اساس اندازه ریشه خود منابع را از خاک می‌گیرند، اما بالای سطح زمین رقابت اغلب نامتقارن به اندازه می‌باشد. برای توصیف رقابت و مزیت اقتصادی در کشت مخلوط مطالعه شاخص‌های متعددی مانند نسبت برابری زمین[۲] (LER)، ضریب ازدحام نسبی[۲] (K)، نسبت رقابتی (CR)، شاخص تهاجم[۳] (A)، کاهش عملکرد واقعی[۴] (AYL)، مزیت پولی[۵] (MA) و سودمندی کشت مخلوط[۶] (IA) توصیه می‌شود (Baniket al., 2000; Ghosh, 2004; Midya et al., 2005).

تولید پروتئین در مزرعه در بسیاری ازکشورها بخصوص در شرایط خشک و نیمه‌خشک محدود است (Mohsenabadi et al., 2008). تعدادی از محققین کشت مخلوط لگوم‌های یکساله با غلات را به عنوان یکی از راه‌های افزایش تولید علوفه و پروتئین در مزرعه پیشنهاد کردند (Herbert et al. 1984; Lithourgidis et al., 2006). جو (*Hordeum vulgare* L.) از جمله غلاتی است که می‌تواند به سرعت رشد کند، باعث سرکوب و فشار بر علف‌های هرز شود و مقدار علوفه خشک بالای تولید نماید، اما محتوای پروتئین علوفه آن کم است (Dhima et al., 2007; Dordas & Lithourgidis, 2011; Sadeghpour & Jahanzad, 2012). روس و همکاران (Ross et al., 2004a) و همچنین ویسی لاکوگلو و همکاران (Vasilakoglou et al., 2008) در آزمایشات جداگانه‌ای که انجام دادند بیان نمودند که اگر چه جو علوفه‌ای دارای ارزش غذایی بالاتر از یولاف (*Avena sativa* L.)، تریتیکاله (*X Triticosecale* Wittmack) و گندم پاییزه در سیستم‌های کشت مخلوط است، اما ارزش غذایی آن از لحاظ مقدار پروتئین کم بوده احتیاجات دام‌های تولید کننده فراورده‌های لبنی را برآورده نمی‌کند، لذا برای افزایش کیفیت علوفه، کشت مخلوط جو و بقولات را پیشنهاد کردند. بعلاوه کشت مخلوط جو با شبدر برسیم نسبت به مخلوط جو با یولاف یا تریتیکاله پروتئین بیشتری در فصل رشد فراهم کرد. آنها نشان دادند که رسیدگی زودتر جو دوره طولانی‌تری را برای رشد مجدد شبدر برسیم ایجاد نمود. همچنین لیتورگیدس و همکاران (Lithourgidis et al., 2006) عملکرد بالاتر پروتئین را درکشت مخلوط ماش با یولاف در مقایسه با کشت خالص گزارش کردند. با این‌حال، عملکرد پروتئین زمانی‌که ماش با تریتیکاله بصورت مخلوط کشت شد افزایش نیافت.

با توجه به اهمیت کشت مخلوط در بوم‌نظام‌های زراعی و تولید علوفه با مقدار پروتئین قابل قبول و همچنین لزوم بررسی عوامل مدیریتی بر بهبود کمیت علوفه، در این آزمایش اثر نسبت و آرایش کاشت بر ویژگی‌های کمی علوفه در مخلوط جو و شبدر مورد بررسی قرار گرفت.

1-Land equivalent ratio
2 Crowding coefficient
3- Aggressivity
4- Actual yield loss
5- Monetary advantage index
6- Intercropping advantage index

مواد و روش‌ها

محل اجرای آزمایش و مدیریت مزرعه

این در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد با طول جغرافیایی ′۲۸ °۵۹ شرقی و عرض جغرافیایی ′۱۵ °۳۶ شمالی و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا آزمایش در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ اجرا شد. آزمایش بصورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گرفت. آرایش کاشت در پنج سطح (مخلوط ردیفی ۱:۱(M_1)، مخلوط ردیفی ۲:۲ (M_2)، مخلوط نواری ۳:۳ (M_3)، مخلوط نواری ۴:۴ (M_4) و مخلوط درهم (M_5)) بعنوان کرت اصلی و نسبت کاشت نیز در پنج سطح (مخلوط افزایشی ۵۰٪ شبدر + ۱۰۰٪ جو (R_5)، مخلوط افزایشی ۲۵٪ شبدر + ۱۰۰٪ جو (R_4)، مخلوط جایگزینی ۵۰٪ جو + ۵۰٪ شبدر (R_3)، همراه با جو خالص (R_2) و شبدر خالص (R_1)) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. در این آزمایش از ورایته جو محلی (وطن) و گونه شبدر محلی (*Trifolium respinatum* L.) که هم اکنون در استان هرات– افغانستان کشت می‌شود، استفاده گردید. مقدار بذر مصرفی جو و شبدر طبق عرف کشاورزان به ترتیب ۱۲۰ و ۴۰ کیلوگرم در هکتار در نظر گرفته شد. ابعاد هر کرت فرعی (دو متر در سه متر) با فاصله ردیف‌های ۲۵ سانتی‌متر منظور گردید. کشت به صورت جوی و پشته با هشت ردیف در هر کرت انجام شد. تاریخ کاشت جو و شبدر بطور همزمان و در اول آبان، مطابق زمان کاشت در افغانستان، در نظر گرفته شد.

قبل از اجرای آزمایش نمونه‌برداری از خاک مزرعه انجام و خصوصیات فیزیکوشیمیایی آن تعیین گردید (جدول ۱). با توجه به فقیر بودن خاک مزرعه حداقل NPK مورد نیاز جهت رشد مشخص (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره، ۱۳۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل و ۱۳۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم) و بر اساس آزمایش نمونه‌های خاک مزرعه، مابقی احتیاجات غذایی از طریق مصرف کود به خاک اضافه گردید. سپس عملیات لازم جهت تهیه بستر مناسب کشت، ایجاد ردیف‌ها و پیاده نموده نقشه طرح انجام گردید. اولین آبیاری در روز بعد از کاشت با آغاز بارندگی‌های پاییز همراه بود. جهت بهبود سبز شدن گیاهچه‌ها آبیاری دوم به فاصله چهار روز بعد و آبیاری‌های بعدی با توجه به شرایط جوی و پراکنش بارندگی‌ها تنظیم گردید.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه
Table 1- Physical and chemical characteristics of farm soil

سال Year	بافت Texture	پتاسیم K (mg.kg^{-1})	فسفر P (mg.kg^{-1})	نیتروژن N (%)	کربن آلی OC (%)	هدایت الکتریکی EC (µs)	اسیدیته pH
2013	لومی سیلتی Silty loam	232	38	0.058	0.64	985	7.65
2014	لومی سیلتی Silty loam	218	29	0.061	0.59	824	7.58

اندازه‌گیری و آنالیز داده‌ها

نصف کرت برای برداشت نهایی و بقیه به نمونه‌برداری تخریبی در طول فصل رشد اختصاص یافت. نمونه‌برداری‌ها جهت تعیین وزن خشک و سطح سبز برگ از اول اسفند ماه هر سه هفته یکبار انجام شد و شاخص‌های رشد مورد مطالعه قرار گرفتند. برداشت نهایی جو در مرحله خوشه‌دهی و شبدر در مرحله گلدهی کامل انجام شد. در هنگام برداشت جو علی‌رغم اینکه هنوز شبدر به مرحله برداشت (گلدهی کامل) نرسیده بود نمونه‌برداری لازم برای محاسبه عملکرد علوفه خشک و پروتئین انجام شد. سطح نمونه‌برداری برای هر کرت پس از حذف اثر حاشیه‌ای یک متر مربع (۱) در نظر گرفته شد. سطح مذکور بعد از برداشت توزین شده و دو نمونه بصورت تصادفی به وزن نیم تا یک کیلوگرم برداشت گردید. نمونه اول به منظور تعیین اجزاء عملکرد علوفه تر (شامل ساقه، برگ و گل) و نمونه دوم به منظور تعیین درصد ماده خشک و تعیین خصوصیات کیفی برداشت گردید. این نمونه‌ها به طور جداگانه در داخل کیسه‌های پارچه‌ای قرار داده شده و به آزمایشگاه منتقل یافت. کیسه‌های برداشت شده از هر کرت در آون، با درجه حرارت ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت، قرار گرفته تا کاملا خشک شوند سپس درصد ماده خشک علوفه تولیدی تعیین گردید. برای تعیین میزان پروتئین خام نمونه‌ها، از روش ماکرو کجلدال نلسون و سامرز (با دستگاه هضم مدل ۱۰۱۵ و دستگاه تیتراسیون مدل ۳۳۹) استفاده گردید. جهت ارزیابی و مقایسه کشت‌های مخلوط شاخص‌های زیر مورد بررسی قرار گرفت:

نسبت برابری زمین (LER)[1] در کشت مخلوط جو شبدر از معادله (۱) محاسبه گردید (Willey, 1979):

$$LER = LER_c + LER_b$$
$$LER = (Y_{ci} / Y_{cs}) + (Y_{bi} / Y_{bs}) \quad \text{معادله (۱)} \quad (1)$$

در این رابطه LER_c و LER_b: به ترتیب نسبت برابری زمین جزیی در شبدر و جو بوده و Y_{ci} و Y_{bi}: عملکرد دو محصول در کشت مخلوط و Y_{cs} و Y_{bs}: عملکرد آنها در کشت خالص می‌باشد.

جهت تعیین نسبت رقابت در کشت مخلوط شبدر و جو از معادله (۲) استفاده شد (Willey et al., 1980):

$$CR_c = (LER_c / LER_b)(Z_{bi} / Z_{ci}) \quad (2)$$

$$CR_b = (LER_b / LER_c)(Z_{ci} / Z_{bi}) \quad \text{معادله (۲)}$$

در این رابطه، CR_c و CR_b: به‌ترتیب نسبت رقابت در شبدر و جو بوده و Z_{ci} و Z_{bi}: نسبت‌های کاشت شبدر و جودر مخلوط می‌باشند. همچنین LER_c و LER_b: نسبت برابری زمین جزیی در شبدر و جو هستند.

شاخص تهاجم (A) از معادله (۳) محاسبه شد (Esmaeili et al., 2011):

$$A_{ci} = (Y_{ci} / Y_{cs} Z_{ci}) - (Y_{bi} / Y_{bs} Z_{bi}) \quad \text{معادله (۳)}$$

در این رابطه، A_{ci}: شاخص تهاجم شبدر و Y_{ci} و Y_{bi}: عملکرد دو محصول در کشت مخلوط و Y_{cs} و Y_{bs}: عملکرد آنها در کشت خالص و همچنین Z_{ci} و Z_{bi}: نسبت‌های کاشت شبدر و جو در مخلوط می‌باشند. هر گاه مقدار A_{ci} برابر صفر شود یعنی دو گیاه از نظر رقابت با هم برابر و در صورت مثبت شدن یعنی شبدر گیاه غالب در کشت مخلوط می‌باشد.

ضریب ازدحام نسبی (K) از معادله (۴) محاسبه گردید (Dewit, 1960):

$$K = K_c \; K_b \quad \text{معادله (۴)}$$

$$K_c = (Y_{ci})(Z_{bi}) / (Y_{cs} - Y_{ci})(Z_{ci})$$

$$K_b = (Y_{bi})(Z_{ci}) / (Y_{bs} - Y_{bi})(Z_{bi})$$

در این رابطه، K_c و K_b: به ترتیب ضریب ازدحام نسبی در شبدر و جو، Y_{ci} و Y_{bi}: عملکرد دو محصول در کشت مخلوط و Y_{cs} و Y_{bs}: عملکرد آنها در کشت خالص بوده، همچنین Z_{ci} و Z_{bi}: نسبت‌های کاشت شبدر و جو در مخلوط می‌باشند. اگر $K>1$ باشد گونه‌ها دارای حداکثر رقابت بوده و دارای بیشترین کارایی در مصرف منابع هستند زمانی‌که $K=1$ است رقابتی بین گونه‌ها وجود ندارد. هر گاه $K<1$ شد در این صورت گونه‌ها کمترین کارایی را در مصرف منابع خواهند داشت (Lithourgidis et al., 2011).

شاخص کاهش عملکرد واقعی (AYL) می‌تواند اطلاعات دقیق‌تری را نسبت به سایر شاخص‌ها در خصوص رقابت درون گونه‌ای و بین گونه‌ای و رفتار اجزای تشکیل‌دهنده کشت مخلوط در اختیار ما قرار دهد. در صورتی‌که هدف مقایسه عملکرد بر اساس یک گیاه باشد، (AYL) براساس سودمندی یا عدم سودمندی کشت مخلوط می‌تواند مثبت یا منفی باشد. مقادیر مثبت نشان‌دهنده افزایش و مقادیر منفی نشان‌دهنده کاهش عملکرد گونه در مخلوط در مقایسه با کشت خالص است (Dhima et al., 2007). جهت محاسبه شاخص کاهش عملکرد واقعی از معادله (۵) استفاده شد (Banik, 1996):

$$AYL = AYL_c + AYL_b \quad \text{معادله (۵)}$$

$$AYL_c = [(Y_{ci} / Z_{ci}) / (Y_{cs} / Z_{cs})] - 1$$

$$AYL_b = [(Y_{bi} / Z_{bi}) / (Y_{bs} / Z_{bs})] - 1$$

در این معادله، AYL_c و AYL_b: کاهش عملکرد واقعی شبدر و جو، Y_{ci} و Y_{bi}: عملکرد دو محصول در کشت مخلوط و Y_{cs} و Y_{bs}: عملکرد آنها در کشت خالص و Z_{ci} و Z_{bi}: نسبت‌های کاشت شبدر و جو در مخلوط می‌باشند.

شاخص سودمندی کشت مخلوط (IA) بر اساس کاهش یا افزایش عملکرد گونه‌ها در کشت مخلوط، اطلاعاتی را در خصوص سودمندی یا عدم سودمندی اقتصادی در اختیار قرار می‌دهد (Banik et al., 2000). شاخص سودمندی کشت مخلوط از معادله (۶) محاسبه شد:

$$IA = IA_c + IA_b \quad \text{معادله (۶)}$$

$$IA_c = AYL_c \; X \; P_c$$

$$IA_b = AYL_b \; X \; P_b$$

در این معادله، IA_c، IA_b و IA: شاخص سودمندی در کشت شبدر، جو و کشت مخلوط بوده همچنین P_c و P_b: ارزش اقتصادی محصول شبدر و جو (بر حسب ریال) می‌باشند. مقادیر مثبت نشان‌دهنده سودمندی اقتصادی و مقادیر منفی بیانگر عدم سودمندی است. ارزش اقتصادی هر کیلوگرم علوفه خشک شبدر (۱۰۰۰۰ ریال) و جو (۷۲۵۰ ریال) بر اساس نرخ بازار در نظر گرفته شد.

لازم به ذکر است که اثر نسبت و آرایش کاشت بر ویژگی‌های کیفی علوفه در مخلوط جو و شبدر ایرانی در مقاله دیگری مورد بررسی قرار گرفت. همچنین داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزارهای Excel 2010 و SAS9.1 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD و در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

عملکرد علوفه و پروتئین

نتایج حاصل از تجزیه واریانس وزن کل علوفه خشک (شبدر+جو) و همچنین عملکرد پروتئین (جدول ۲) حاکی از تأثیر معنی‌دار آرایش و نسبت کاشت بر صفات مذکور بود ($P\leq0.01$). بیشترین وزن علوفه خشک از نسبت کاشت جو خالص R_2 (۱۴۷۳۱ کیلوگرم در هکتار) و آرایش کاشت مخلوط درهم M_5 (۱۲۸۵۷/۹ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد و کمترین مقدار مربوط به شبدر خالص R_1 (۴۱۷۵ کیلوگرم در هکتار) بود (جدول‌های ۳ و ۴).

جدول ۲- تجزیه واریانس (F) ویژگی‌های کمی علوفه در مخلوط جو و شبدر ایرانی

Table 2- Analysis of variances (F) for forage quantity characteristics in mixture of barley and Persian clover

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی df	وزن کل علوفه خشک (شبدر+جو) Total dry matter weight (clover+ barley)	نسبت برابری زمین Land Equivalent Ratio	عملکرد پروتئین Protein yield	پروتئین خام Crude protein	شاخص تهاجم شبدر Clover aggressivity	ضریب ازدحام نسبی Relative crowding coefficient	پروتئین Protein	کاهش عملکرد واقعی Actual yield loss	سودمندی کشت مخلوط Advantage indices
بلوک Block	2	10.08**	11.01**	10.69**	8.31**	7.49**	0.13ns	11.71**	6.96**	7.39**
آرایش کاشت Cropping pattern (M)	4	3.98**	1.76 ns	3.51*	0.71 ns	6.37**	1.17ns	1.69 ns	4.57**	5.84**
نسبت کاشت Cropping Rate (R)	4	76.18**	5.55**	63.71**	1983.35**	202.75**	1.59ns	1.68 ns	8.08**	8.54**
اثر متقابل M ×R	16	1.04 ns	0.80 ns	0.95 ns	2.66**	1.37ns	0.79ns	0.75 ns	1.89ns	2.05*

**، * و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و عدم اختلاف معنی‌دار می‌باشند.

**, *: and ns are significant at the 0.01 and 0.05 levels of probability and no significant, respectively.

صادق‌پور و همکاران (Sadeghpour et al., 2013) نتایج مشابهی را گزارش کردند که تفاوت معنی‌داری بین نسبت بذر مصرفی با مقدار عملکرد علوفه خشک جو وجود دارد بطوری‌که با افزایش مقدار بذر یونجه یکساله (*Medicago scutellata* L.) به تیمار جو خالص، عملکرد جو در مقایسه با کشت خالص آن کاهش یافت. مقدار کاهش عملکرد ماده خشک در جو ۱۷٪ و ۲۰٪ به ترتیب برای تیمار (۱۰۰٪ جو: ۲۰٪ یونجه) و (۱۰۰٪ جو: ۴۰٪ یونجه) بعلت افزایش رقابت بین گونه‌ای بود. این موضوع توسط تعدادی از محققین مورد تأیید قرار گرفته است، آنها در مطالعات خویش بیان داشتند که کشت خالص غلات بیشترین عملکرد علوفه خشک را نسبت به کشت مخلوط با بقولات دارند، البته در این مطالعات سری‌های جایگزینی کشت مخلوط مورد توجه بوده است (Herbert et al., 1984; Ross et al., 2004a; Esmaeili et al., 2011). کاهش عملکرد علوفه خشک در بقولات نسبت به کشت خالص آنها، به دلیل بهره‌برداری بیشتر از منابع توسط غلات ذکر گردیده است (Strydhorst et al., 2008; Esmaeili et al., 2011). گزارشات حاکی از برتری غلات در تولید ماده خشک علوفه نسبت به بقولات است (Hauggaard-Nielsen et al., 2001; Lithourgidis et al., 2007). روس و همکاران (Ross et al., 2003) در آزمایش کشت مخلوط شبدر برسیم (*Trifolium alexandrium* L.) با یولاف (*Avena sativa* L.)، جو (*Hordeum vulgare* L.) و تریتیکاله (*Triticosecale* X Wittmack) گزارش کردند که تفاوتی در مقدار عملکرد علوفه خشک تولید شده در مخلوط‌های فوق مشاهده نشد. افزایش مقدار بذر مصرفی شبدر برسیم از ۶ به ۲۴ کیلوگرم در هکتار پنجه‌زنی در یولاف را کاهش داد، ولی بر عملکرد علوفه خشک مؤثر نبود. همچنین کاهش مقدار بذر مصرفی غلات (۲۵ – ۳۵٪) بدون کاهش در عملکرد باعث بهبود کیفیت علوفه شد. در این تحقیق نیز چنان‌که در بالا ذکر گردید تیمار جو خالص بیشترین عملکرد علوفه خشک را تولید نمود و کمترین مقدار عملکرد مربوط به کاشت شبدر خالص بود. نتیجه مشابهی را صادق‌پور و همکاران (Sadeghpour et al., 2013) گزارش نمودند که کمترین میزان عملکرد ماده خشک در کشت مخلوط جو با یونجه مربوط به یونجه یکساله بود.

آرایش کاشت تأثیری بر مقدار پروتئین خام (CP) نداشت، ولی تأثیر نسبت کاشت بر CP معنی‌دار بود، بطوری‌که بیشترین مقدار CP مربوط به نسبت کاشت شبدر خالص (۱۶/۲۶٪) بوده و بیشترین عملکرد پروتئین را تیمار کاشت جو خالص (۱۹۶۲/۲ کیلوگرم در هکتار) و آرایش کاشت مخلوط درهم (۱۵۸۴/۳۸ کیلوگرم در هکتار) تولید نمود (جداول ۳ و ۴). با توجه به این که عملکرد پروتئین از حاصل ضرب CP و عملکرد علوفه خشک بدست می‌آید، بالا بودن مقدار عملکرد پروتئین در کاشت جو خالص و مخلوط درهم را به عملکرد و درصد پروتئین بالا در آنها می‌توان نسبت داد. علوفه خشکی مطلوب است که محتوی پروتئین آن بالا باشد (Lithourgidis et al., 2006).

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر آرایش های مختلف کاشت در مخلوط جو و شبدر ایرانی

Table 3- Mean comparisons for different cropping patterns in mixture of barley and Persian clover

آرایش کاشت مخلوط Intercropping pattern	وزن کل علوفه خشک (شبدر+جو) ($Kg.ha^{-1}$)	نسبت برابری زمین Land equivalent ratio	عملکرد پروتئین Protein yield ($Kg.ha^{-1}$)	پروتئین خام Crude protein (٪)	شاخص تهاجم شبدر Clover aggressivity	ضریب ازدحام نسبی Relative crowding coefficient	پروتئین Protein LER	سودمندی کشت مخلوط Advantage indices
۱:۱ ردیفی 1:1 row	11829.9 ab*	1.19 ab	1458.22 ab	12.82 a	-0.25 a	-24.72 b	1.09 ab	3296387 b
۲:۲ نواری 2:2 strip	11361.8 bc	1.15 ab	1414.19 abc	12.92 a	-0.22 a	13.42 ab	1.06 ab	1916867 c
۳:۳ نواری 3:3 strip	10240.3 c	1.06 b	1276.67 c	12.88 a	-0.16 a	1.56 ab	0.98 b	1121281 d
۴:۴ نواری 4:4 strip	11120.3 bc	1.23 a	1384.54 bc	12.89 a	-0.12 a	22.93 a	1.13 a	4974840 a
درهم Mixed	12857.9 a	1.07 b	1584.38 a	12.91 a	-0.47 b	-2.35 ab	0.98 b	-2786984 e

*در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند

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

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر نسبت‌های مختلف کاشت در مخلوط جو و شبدر ایرانی

Table 4- Mean comparison of different cropping rate in mixture of barley and Persian clover

نسبت کاشت Cropping rates	وزن کل علوفه خشک (شبدر+جو) Total dry weight (clover +barley) ($kg.ha^{-1}$)	نسبت برابری زمین Land equivalent ratio	عملکرد پروتئین Protein yield ($kg.ha^{-1}$)	پروتئین خام Crude protein (٪)	شاخص تهاجم شبدر Clover aggressively	ضریب ازدحام نسبی Relative crowding coefficient	پروتئین Protein	کاهش عملکرد واقعی Actual yield loss	سودمندی کشت مخلوط Advantage indices
شبدر خالص Sole clover (R_1)	4175.0 d*	1.00 b	679.4 d	16.26 a	1.00 a	-	1.00 a	-	-
جو خالص Sole barley (R_2)	14731.0 a	1.00 b	1962.2 a	13.34 b	-1.00 d	-	0.99 a	-	-
۵۰٪ جو+ ۵۰٪ شبدر Barley %50+%50 clover (R_3)	11954.1 c	1.19 a	1304.2 c	10.91 e	-0.07 b	-1.25 ab	1.00 a	0.38 a	2910603 b
۱۰۰٪ جو+۲۵٪ شبدر Barley %100+%25 clover (R_4)	12866.6 bc	1.22 a	1612.9 b	12.54 c	-0.62 c	35.33 a	1.13 a	0.65 a	7262833 a
۱۰۰٪ جو+۵۰٪ شبدر Barley %100+%50 clover (R_5)	13683.6 ab	1.28 a	1559.3 b	11.38 d	-0.54 c	-23.24 b	1.12 a	-0.22 b	-1651044 c

*در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک بر مبنای آزمون LSD در سطح پنج درصد دارای اختلاف معنی‌دار نمی‌باشند.

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

هدف یک کشاورز معمولاً تولید مقدار علوفه خشک بالا با محتوی پروتئین قابل قبول در یک کشت مخلوط است. صادق‌پور و همکاران (Sadeghpour et al., 2013) بیان داشتند با وجود اینکه بیشترین مقدار CP برای کشت خالص یونجه یکساله (*Medicago* .*scutellata* L) ثبت شده است (۳۱۰/۷ گرم بر کیلوگرم)، ولی بدلیل پایین بودن عملکرد ماده خشک علوفه در آن، عملکرد کل پروتئین تولید شده کمتر بود. افزایش CP در کشت مخلوط غلات و بقولات توسط تعدادی از محققین گزارش شد. آنها حداکثر CP را به کشت

خالص جو (*Hordeum vulgare* L.) نسبت دادند (Carr et al., 1998; Strydhorst et al., 2008; Lithourgidis et al., 2011). لیتورگیدس و همکاران (Lithourgidis et al., 2006) نیز گزارش کردند که کشت خالص ماشک معمولی (*Vicia sativa* L.) بیشترین مقدارCP (۱۳۹/۳ گرم بر کیلوگرم)، ولی در مقابل کشت خالص تریتیکاله (X*Triticosecale* Wittmack) و یولاف (*Avena sativa* L.) کمترین مقدار CP را تولید نمودند (۶۳/۲ و ۷۸/۴ گرم بر کیلوگرم). همچنین بیشترین مقدار عملکرد پروتئین خام مربوط به کشت مخلوط (ماشک ۶۵٪: ۳۵٪ یولاف) بود (۱۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و کمترین مقدار را کشت خالص تریتیکاله (۶۸۰ کیلوگرم در هکتار) به خود اختصاص داد. استریدهورس و همکاران (Strydhorst et al., 2008) در آزمایشی بر روی کشت مخلوط بقولات دانه باقلا (*Vicia faba* L.)، خلر (*Lupinus angustifolius* L.) و نخود (*Pisum sativum* L.) با جو (*Hordeum vulgare* L.) انجام دادند گزارش نمودند که افزایش تراکم کاشت لگوم از ۰/۵ به ۲ برابر تأثیری بر ماده خشک علوفه نداشت بلکه باعث افزایش نسبت لگوم در علوفه (از ۳۹ به ۶۳٪) و غلظت پروتئین (از ۱۱۹ به ۱۳۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) شد. همچنین مخلوط باقلا- جو و نخود- جو بیشتری مقدار ماده خشک علوفه (۱/۵ و ۱/۳ مگاگرم بر هکتار) را تولید نمودند. روس و همکاران (Ross et al., 2003) در کشت مخلوط شبدر برسیم با یولاف، جو و تریتیکاله گزارش کردند که عملکرد علوفه خشک در کشت مخلوط‌های فوق با هم تفاوتی نداشت، ولی بیشترین عملکرد پروتئین مربوط به کشت مخلوط شبدر با جو بود. مطالب حاصل از آزمایشات فوق در مورد این تحقیق نیز صادق است چنان‌که در بالا ذکر شد با وجود بیشتر بودن مقدار CP در شبدر خالص، بدلیل پایین بودن عملکرد علوفه خشک شبدر مقدار عملکرد پروتئین تولید شده در حداقل قرار داشت و عملکرد پروتئین در تیمار جو خالص و آرایش کاشت مخلوط درهم بیشترین مقدار بود.

شاخص‌های رقابتی و سودمندی اقتصادی

اثر آرایش و نسبت کاشت بر نسبت برابری زمین (LER) در هنگام برداشت شبدر (گلدهی کامل) معنی‌دار بود. بیشترین مقدار LER مربوط به تیمار نسبت کاشت مخلوط R_5 (۱/۲۸) و آرایش کاشت مخلوط نواری M_4 (۱/۲۳) بود (جداول ۳ و ۴). همچنین با افزایش نسبت کاشت شبدر در مخلوط مقدار LER در جو کاهش یافت (جدول ۵). در این زمان LER برای پروتئین در آرایش و نسبت‌های مختلف کاشت معنی‌دار نبود ولی بیشترین مقدار LER در آرایش کاشت M_4 و نسبت کاشت مخلوط R_4 (۱/۱۳) بدست آمد (جداول ۳ و ۴). LER نشان‌دهنده کارایی کشت مخلوط در جهت استفاده از منابع در مقایسه با کشت خالص است (Lithourgidis et al., 2011). LER می‌تواند به صورت مستقیم میزان افزایش یا کاهش محصول در کشت مخلوط دو گونه را تعیین نماید (Sharifi, 2004). LER بزرگتر از یک نشانگر سودمندی عملکرد کشت مخلوط در مقابل کشت خالص است که در نتیجه بهره‌برداری بهتر از زمین و استفاده مناسب از منابع محیطی در جهت رشد گیاهان حاصل شده است (Lithourgidis et al., 2011; Banik et al., 2006). آوال و همکاران (Awal et al., 2007) در آزمایشی بر روی کشت مخلوط جو و بادام زمینی گزارش نمودند که بیشترین مقدار LER از کشت مخلوط یک ردیف جو و دو ردیف بادام زمینی (BP_2) به مقدار (۱/۱۸) بدست آمد که راندمان استفاده از زمین را به مقدار ۱۸٪ افزایش داد و عملکردی به مقدار (۶/۲ تن در هکتار معادل جو) را تولید کرد. صادق پور و همکاران (Sadeghpour et al., 2013) نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند که با افزایش نسبت بذر مصرفی یونجه یکساله (*Medicago scutellata* L.) در کشت مخلوط مقدار جزیی LER در جو کاهش یافت. همچنین اسماعیلی و همکاران (Esmaeili et al., 2011) بیان داشتند که بیشترین مقدار LER در کشت مخلوط یونجه یکساله با جو مربوط به تیمارهای آرایش کشت دو ردیف یونجه: دو ردیف جو (2B:2M) برابر با (۱/۳۲) و دو ردیف یونجه: شش ردیف جو (6B:2M) برابر (۱/۲۹) بود. با توجه به مطالب فوق نتایج حاصل از این آزمایش نیز در راستای تحقیقات دیگران بوده و حاکی از برتری LER در نسبت کاشت مخلوط R_5 (جو ۱۰۰٪: ۵۰٪ شبدر) و آرایش کاشت مخلوط M_4 (مخلوط نواری ۴:۴) نسبت به کاشت خالص شبدر و جو است.

نتایج حاصل از تجزیه واریانس شاخص ضریب ازدحام نسبی (K) نشان‌دهنده عدم تأثیر آرایش و نسبت کاشت بر شاخص فوق بود، ولی بیشترین مقدار ضریب ازدحام نسبی متعلق به نسبت کاشت مخلوط R_4 (۳۵/۳۳) و کمترین مقدار مربوط به R_5 (۲۳/۲۴-) گزارش شد (جداول ۲ و ۵). بیشتر بودن میانگین مقدار نسبت رقابت (CR) در جو (۳/۵۳۵) در مقایسه با شبدر (۰/۴۲۴) بیانگر رقابت‌پذیری بیشتر جو نسبت به شبدر بود. لذا جو از همجواری با شبدر سود برده و از منابع با قابلیت بیشتری بهره گرفت (جدول ۵). اثرات آرایش و نسبت کاشت بر شاخص تهاجم شبدر (A) معنی‌دار بود (جدول ۲). منفی بودن شاخص تهاجم شبدر بیانگر مغلوب بودن آن در کشت مخلوط بوده لذا جو با قدرت رقابتی بیشتر برای تسخیر منابع در کشت مخلوط عمل نمود (جدول‌های ۳ و۴). شاخص‌های اقتصادی کاهش عملکرد واقعی (AYL) و سودمندی اقتصادی (IA) بیشتر بیانگر مزیت کشت مخلوط جو و شبدر نسبت به حالت تک‌کشتی بود بطوری‌که بیشترین IA در نسبت کاشت مخلوط R_4 (۷۲۶۲۸۳۳ ریال) و آرایش کاشت M_4 (۴۹۷۴۸۴۰ ریال) مشاهده شد، در ضمن با توجه به رابط مستقیم

AYL با IA، AYL نیز در نسبت مخلوط R_4 (۰/۶۵) مثبت و بیشتر از سایر مخلوطها بود (جدول ۵).

جدول ۵- نسبت برابری زمین (LER)، نسبت رقابت (CR)، ضریب ازدحام نسبی (K)، کاهش عملکرد واقعی (AYL) و سودمندی کشت مخلوط (IA) به تفکیک در کشت مخلوط جو و شبدر

Table 5- Land equivalent ratio (LER), Competitive ratio (CR), Crowding coefficient (K), Actual yield loss (AYL) Advantage index (IA) in mixture of barley and Persian clover

نسبت کاشت	Advantage index			Actual yield loss			Crowding coefficient			Competitive ratio			Land equivalent ratio		
Cropping rate	مخلوط Mixture	شبدر Persian clover	جو Barley	مخلوط Mixture	شبدر Persian clover	جو Barley	مخلوط Mixture	شبدر Persian clover	جو Barley	شبدر Trifolium	جو Barley	مخلوط Mixture	شبدر Persian clover	جو Barley
شبدر خالص Sole clover(R_1)	–	–	–	–	–	–	-	1	-	–	–	1.00	1	-
جو خالص Sole barley(R_2)	–	–	–	–	–	–	-	-	1	–	–	1.00	-	1
مخلوط ۵۰٪ جو+ ۵۰٪ شبدر barley %50+%50 clover(R_3)	2910603	564790	2345812	0.38	0.06	0.32	-1.25	1.00	-16.07	0.798	1.253	1.19	0.53	0.66
مخلوط ۱۰۰٪جو+۲۵٪ شبدر barley %100+%25 clover(R_4)	7262833	9164870	-1902038	0.65	0.92	-0.26	35.33	30.79	3.07	0.162	6.158	1.22	0.48	0.74
مخلوط ۱۰۰٪جو+۵۰٪ شبدر barley %100+%50 clove(R_5)	-1651044	-120559	-1530485	-0.22	-0.01	-0.21	-23.24	-21.96	1.62	0.313	3.194	1.28	0.49	0.79
آزمون حداقل تفاوت معنی دار LSD 5%	343550			0.352			47.65					0.158		
میانگین Mean										0.424	3.535			

Kنشان‌دهنده غالبیت یک گونه نسبت به سایر گونه‌ها در کشت مخلوط است. دارا بودن K بیشتر از یک بیانگر حداکثر توان رقابتی و کارایی در مصرف منابع گونه می باشد. دیما و همکاران (Dhima et al., 2007) گزارش نمودند که کشت مخلوط (۵۵٪ ماش: ۴۵٪ گندم) و (۳۵٪ ماش: ۶۵٪ یولاف) بیشترین مقدار K و LER را نشان داد، این یک مزیت برای کشت مخلوط در بهره‌برداری از منابع محیطی است. همچنین مقدار AYL نیز در مخلوط‌های فوق حداکثر بود. شاخص تهاجم (A)، CR و مقدار AYL جزیی برای جو و یولاف نسبت به گندم و تریتیکاله بیشتر بدست آمد. اسماعیلی و همکاران (Esmaeili et al., 2011) بیان کردند که بیشترین مقدار K مربوط به نسبت کاشت (یونجه ۴۰٪: ۱۰۰٪ جو) و (یونجه ۲۰٪: ۱۰۰٪ جو) به ترتیب (۴/۳۵) و (۳/۵۲) بود. زمانی‌که جو با یونجه یکساله بصورت کشت مخلوط با نسبت (6B:2M) کاشت شدند کل عملکرد ۲۹٪ افزایش یافت. بیشترین مقدار شاخص سودمندی مالی (MAI) در تیمارهای (6B:2M) و (2B:2M) به‌ترتیب ($1266.5) و ($1037.2) بود. صادق‌پور و همکاران (Sadeghpour et al., 2013) بیان داشتند که در نسبت کشت (۴۰٪ یونجه یکساله: ۱۰۰٪ جو) جو دارای حداکثر مقدار CR و A مثبت بود و این هر دو به منزله غالبیت جو در این سیستم کشت می‌باشد. همچنین تعدادی از محققین گزارش کردند که غلات گونه‌های غالب در کشت مخلوط با ماش و بادام زمینی هستند

(Ghosh, 2004; Dima et al., 2007). آوال و همکاران (Awal et al., 2007) در آزمایشی که بر روی کشت مخلوط جو و بادام زمینی انجام دادند گزارش نمودند که در این مخلوط مقدار CR جو کمی بیشتر (۱/۱۸) بود، ولی مقدار کمتر CR بادام زمینی (۰/۸۵) نقش متعادل‌کننده موفق در رقابت بین این دو گونه را بعهده داشت. بانیک و همکاران (Banik et al., 1969) بیان داشتند که مقدار AYL ماش در مخلوط (۵۵ ماش: ۴۵ گندم) و (۶۵ ماش: ۳۵ تریتیکاله) مثبت بود، که نشانه مزیت عملکرد ماش می‌باشد و آن احتمالا به دلیل تأثیر مثبت غلات بر ماش است زمانی‌که با هم رشد می‌کنند. شاخص ALY نسبت به سایر شاخص‌ها می‌تواند اطلاعات دقیق‌تری از رقابت بین و یا درون گونه محصولات ترکیبی و رفتار پیچیده هر گونه در سیستم کشت مخلوط را ارائه دهد (Banik et al. 2000). از دلایل برتری اقتصادی می‌توان به انتخاب صحیح اجزای تشکیل دهنده مخلوط و به دنبال آن استفاده بهتر و کارآمدتر از منابع اشاره نمود. لذا نتایج حاصل از بررسی شاخص‌های مختلف در این آزمایش حاکی از برتری کشت مخلوط نسبت به کاشت خالص شبدر و جو بود.

نتیجه‌گیری

بیشترین وزن خشک علوفه از کشت جو خالص (۱۴۷۳۱ کیلوگرم در هکتار) و مخلوط درهم (۱۲۸۵۷/۹ کیلوگرم در هکتار) بدست آمد. بیشترین عملکرد پروتئین نیز از نسبت کاشت جو خالص (۱۹۶۲/۲ کیلوگرم در هکتار) و آرایش کاشت مخلوط درهم (۱۵۸۴/۳۸ کیلوگرم در هکتار) حاصل شد. نسبت کاشت بر نسبت برابری زمین تأثیر معنی‌داری داشت، بطوری‌که بیشترین نسبت برابری زمین متعلق به نسبت کاشت R_5 (۱/۲۸) و آرایش کاشت M_4 (۱/۲۳) بود. بیشترین مقدار ضریب ازدحام نسبی متعلق به نسبت کاشت R_4 (۳۵/۳۳) و کمترین مقدار متعلق به R_5 (۲۳/۲۴-) بود. اثر آرایش و نسبت کاشت بر شاخص تهاجم معنی‌دار بود، منفی شدن شاخص تهاجم شبدر بیانگر مغلوب بودن شبدر در کشت مخلوط بوده و همان‌گونه که آشکار شد جو دارای قابلیت رقابتی بیشتر برای تسخیر منابع در کشت مخلوط بود. شاخص‌های اقتصادی کاهش عملکرد واقعی (AYL) و سودمندی اقتصادی (IA) بیانگر مزیت کشت مخلوط جو و شبدر نسبت به حالت تک‌کشتی بوده، بطوری‌که بیشترین سودمندی اقتصادی در نسبت کاشت مخلوط R_4 (۷۲۶۲۸۳۳ ریال) و آرایش کاشت M_4 (۴۹۷۴۸۴۰ ریال) حاصل گردید.

این آزمایش نشان داد که با افزایش نسبت بذر شبدر ایرانی به کشت خالص جو کمیت و کیفیت علوفه بهبود یافت. همچنین افزایش نسبت برابری‌زمین (LER) در کشت‌های مخلوط در مقایسه با کشت خالص هر محصول بیانگر کارایی بهتر استفاده از منابع توسط سیستم کشت مخلوط بود. هنگامی‌که جو با شبدر ایرانی بصورت درهم (M_5) کشت شدند مقدار کل علوفه خشک و عملکرد پروتئین افزایش یافت. بعلاوه بر اساس نتایج حاصل، می‌توان کشت مخلوط نواری (M_4) و نسبت کشت مخلوط افزایشی R_4 (۲۵٪ شبدر+ ۱۰۰٪ جو) را بعنوان یک سیستم کشت با سودمندی اقتصادی مناسب برای کشاورزان توصیه نمود.

منابع

Anil, L., Park, R.H., Phipps, R.H., and Miller, F.A. 1998. Temperate intercropping of cereals of cereals for forage: a review of the potential for growth and utilization with particular reference to the UK. Grass and Forage Science 53: 301–317.

Awal, M.A., Pramanik, M.H.R., and Hossen, M.A. 2007. Interspecies competition, growth and yield in barley-peanut intercropping. Asian Journal of Plant Sciences 6(4): 577-584.

Banik, P., Midya, A., Sarkar, B.K., and Gose, S.S. 2006. Wheat and chickpea intercropping system in an additive series experiment: advantages and weed smothering. European Journal of Agronomy 24: 325-332.

Benites, J.R., McCollum, R.E., and Naderman, G.C. 1993. Production efficiency of intercrops relative to sequentially planted sole crops in a humid tropical environment. Field Crops Research 31: 1-18.

Banik, P., Sasmal, T., Ghosal, P.K., and Bagchi, D.K. 2000. Evaluation of mustard (*Brassica campestris* var Toria) and legume intercropping under 1:1 and 2:1 rowreplacement series systems. Journal of Agronomy and Crop Science 185: 9–14.

Banik, P. 1996. Evaluation of wheat (*T. aestivum*) and legume intercropping under 1:1 and 2:1 row-replacement series system. Journal of Agronomy and Crop Science 176: 289–294.

Carr, P.M., Horsley, R.D., and Poland, W.W. 2004. Barley, oat, and cereal–pea mixtures as dryland forages in the northern great plains. Agron Jerusalem 96: 677–684.

Clements, R.O., and Donaldson, G. 1997. Clover and cereal: low input bi-cropping. Farming Conservation 3: 12–14.

Carr, P.M., Martin, G.B., Caton, J.S., and Poland, W.W. 1998. Forage and nitrogen yield of barley–pea and oat–pea intercrops. Agron Jerusalem 90: 79–84.

Dhima, K.V., Lithourgidis, A.S., Vasilakoglou, I.B., and Dordas, C.A. 2007. Competition indices of common vetch and cereal intercrops in two seeding ratio. Field Crops Research 100: 249-256.

DeWit, C.T. 1960. On competition. Verslag Landbouw-Kundige Onderzoek 66: 1–28.

Dordas, C.A., and Lithourgidis, A.S. 2011. Growth, yield and nitrogen performance of faba bean intercrops with oat and triticale at varying seeding ratios. Grass Forage Science 66: 569–577.

Esmaeili, A., Sadeghpour, A., Hosseini, S.M.B., Jahanzad, E., Chaichi, M.R., and Hashemi, M. 2011. Evaluation of seed yield and competition indices for intercropped barley and annual medic. International Journal of Plant Production 5(4): 395-404. (In Persian with English Summery)

Exner, D.N., and Cruse, R.M. 1993. Inter seeded forage legume potential as winter ground cover, nitrogen source, and competition. Journal of Production Agriculture 6: 226-231.

Giller, K.E., and Wilson, K.J. 1991. Nitrogen fixation and tropical cropping system. CAB International, Wallingford, pp. 10-120.

Ghosh, P.K. 2004. Growth, yield, competition and economics of groundnut/cereal fodder intercropping systems in the semi-arid tropics of India. Field Crops Research 88: 227–237.

Herbert, S.J., Putnam, D.H., Poos-Floyd, M.L., Vargas, A., and Creighton, J.F. 1984. Forage yield of intercropped corn and soybean in various planting patterns. Agron Jerusalem 76: 507–510.

Javanmard, A., Nasab, A.D.M., Javanshir, A., Moghaddam, M., AND Janmohammadi, H. 2009. Forage yield and quality in intercropping of maize with different legumes as double-cropped. Journal of Food, Agriculture and Environment 7: 163-166.

Jeyabal, A., and Kuppuswamy, G. 2001. Recycling of organic wastes for the production of vermin compost and its response in rice-legume cropping system and soil fertility. European Journal of Agronomy 15: 153-170.

Jones, L., and Clements, R.O. 1993. Development of a low-input system for growing wheat (*Triticum vulgare*) in a permanent understory of white clover (*Trifolium repens*). Annals of Applied Biology 123: 109–119.

Lithourgidis, A.S., Vasilakoglou, I.B., Dhima, K.V., Dordas, C.A., and Yiakoulaki, M.D. 2006. Forage yield and quality of common vetch mixtures with oat and triticale in two seeding ratios. Field Crops Research 99: 106–113.

Lithourgidis, A.S., Vlachostergiosb, D.N., Dordasc, C.A., and Damalasd, C.A. 2011. Dry matter yield, nitrogen content, and competition in pea–cereal intercropping systems. European Journal of Agronomy 34: 287–294.

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: 195–201.

Mohsenabadi, G.R., Jahansooz, M.R., Chaichi, M.R., Mashhadi, H.R., Liaghat, A.M., and Savaghebi, G.R. 2008. Evaluation of barley vetch intercrop at different nitrogen rates. Journal of Agricultural Science and Technology 10: 23–31. (In Persian with English Summery)

Ross, S.M., King, J.R., O'Donovan, J.T., and Izaurralde, R.C. 2003. Seeding rate effects in oat-berseem clover intercrops. Canadian Journal of Plant Science 83: 769–778.

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

Sadeghpour, A., and Jahanzad, E. 2012. Seed yield and yield components of intercropped barley (*Hordeum vulgare* L.) and annual medic (*Medicago scutellata* L.). Australasian Journal of Agricultural Engineering 3: 47–50.

Sadeghpour, A., Jahanzad, E., Esmaeili, A.M., Hosseini, B., and Hashemi, M. 2013. Forage yield, quality and economic benefit of intercropped barley and annual medic in semi-arid conditions: Additive series. Field Crops Research 148: 43–48. (In Persian with English Summery)

Sharifi, Y. 2004. Evalution of sorghum/bereseem clover intercropping. M.Sc. Thesis, Tabriz University, Tabriz, Iran. (In Persian)

Sistach, M. 1990. Intercropping of forage sorghum, maize and soybean during ten establishments of different grasses in a vertisol soil. Cuban Journal of Agriculture Science 24: 123–129.

Strydhorst, S.M., King, J.R., Lopetinksy, K.J., and Harker, K.N. 2008. Forage potential of intercropping barley with faba bean, lupin, or field pea. Agronomy Journal 100: 182–190.

Thorsted, M.D., Olesen, J.E., and Weiner, J. 2006. Width of clover strips and wheat rows influence grain yield in winter wheat/white clover intercropping. Field Crops Research 95: 280–290.

Thorsted, M.D., Koefoed, N., and Olesen, J.E. 2002. Intercropping of oats (*Avena sativa* L.) with different white clover (*Trifolium repens* L.) cultivars. Effects on biomass development and oat yield. Journal of Agricultural Science Cambridge Core 138: 261–267.

Vasilakoglou, I., and Dhima, K. 2008. Forage yield and competition indices of berseem clover intercropped with barley Agronomy Journal 100: 1749–1756.

Weiner, J., and Von Wettberg, E.J. 2003. Larger *Triticum aestivum* plants do not preempt nutrient-rich patches in a glasshouse experiment. Plant Ecology 169: 85–92.

Von Wettberg, E.J., and Weiner, J. 2004. Effects of distance to crop rows and to conspecific neighbors on the size of *Brassica napus* and *Veronica persica* weeds. Basic and Applied Ecology 5: 35–41.

Willey R.W. 1979. Intercropping-its importance and research needs part-1 competition and yield advantages Field Crops Research 32: 1-10.

Willey, R.W., and Rao, M.R. 1980. A competitive ratio for quantifying competition between intercrops. Experimental Agriculture 16: 117–125.

Journal of Agroecology
Vol. 11, No.1, Spring 2019, p. 231-243

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۱۱، شماره ۱، بهار ۱۳۹۸، ص. ۲۴۳-۲۳۱

Effect of Barley (*Hordeum vulgare* L.) and Persian Clover (*Trifolium respinatum* L.) Intercropping on Forage Quantity

R. Nazarian[1], A. Koocheki[2*], M. Nasiri Mahallati[2] and P. Rezvani Moghaddam[2]

Submitted: 13-03-2015
Accepted: 28-12-2015

Nazarian, R., Koocheki, A., Nasiri Mahallati M., and Rezvani Moghadam, P. 2019. Effect of barley (*Hordeum vulgare* L.) and Persian clover (*Trifolium respinatum* L.) intercropping on forage quantity. Journal of Agroecology. 11(1):231-243.

Introduction

Intercropping of cereals with legumes has been a common cropping system in arid and semi-arid areas such as Iran and Afghanistan. It is understood that competition for resources such as water, nutrients, and sunlight by the co-existing species could, however, reduce the yields of component crops. Often reductions in the yields of individual species are, however, not large enough to reduce the total yield of the mixture relative to those of either sole crops. Mix cropping of annual forage legumes with cereals has been proposed as a way of increasing forage production and on-farm protein production. Cereal-legume intercropping may improve yield on a given land area by making more efficient use of the available growth resources, increase biological activities in the soil, and decrease pests and diseases. Barley (*Hordeum vulgare* L.) is a cereal which can grow fast, suppress weed pressure and provide high yield in terms of dry weight but protein content of the forage is low. Mixing barley and clover has been suggested to increase forage quality. In the current study, we used a wide range of cropping rate and pattern to determine the best forage quantity and quality in the mixture of barley and Persian clover in a low-input system.

Materials and Methods

For optimizing of cropping rate and pattern in a mixture of barley and Persian clover an experiment was conducted in a split plot layout based on randomized complete block design with three replications at the research farm of Faculty of Agriculture, the Ferdowsi University of Mashhad, Iran in 2013-14. The pattern of sowing considered in five levels (1:1 row intercropping (M1), 2:2 row intercropping (M2), 3:3 strip intercropping (M3), 4:4 strip intercropping (M4) and mixed cropping (M5)) which allocated as main plots and the cropping rate in five levels (barley %100:%50 clover (R5), barley %100:%25 clover (R4), barley %50:%50 clover (R3),with pure barley (R2) and pure clover (R1)) proposed as subplots. Barley (Watan local variety originated from Herat, Afghanistan) and Persian clover (*Trifolium respinatum* L.) seed rates were considered 120 and 40 kg.ha^{-1}, respectively. Sowing date was on October 23. Barley was harvested in the heading stage and clover in the completed flowering stage. Different intercropping indices such as total forage dry matter (TFDM), protein yield (PY), land equivalent ratio (LER), competitive ratio (CR), relative crowding coefficient (RCC), aggressivity (A), actual yield loss (AYL) and intercropping advantage index (IA) were

1-Associate Professor, Agronomy Department, Faculty of Agriculture, Herat University – Afghanistan.
Ph.D. Student of the Ferdowsi University of Mashhad in 2012-16
2- Professors, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad.
(*- Corresponding Author Email: akooch@um.ac.ir)
DOI:10.22067/jag.v11i1.45221

used to compare intercropping with pure stands. For statistical analysis, analysis of variance (ANOVA) and lest significant different test (LSD) were performed using SAS version 9.3 (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA).

Results and Discussion

Results showed that the effect of cropping rate and pattern on total forage dry matter (TFDM) and protein yield (PY) were significant ($p<0.01$). The highest levels of forage dry matter and protein yield were obtained in pure barley R2 and mixed cropping M5. The effect of cropping rate on the land equivalent ratio (LER) was significant. The highest levels of LER were obtained in R5 (1.28) and M4 (1.23), respectively. The effect of sowing rate and pattern on relative crowding coefficient (RCC) was not significant but the highest level of RCC was obtained in R4 (35.33) and the lowest was in R5 (-23.24). The effect of sowing rate and pattern on aggressivity (A) was significant, and the clover negative value of aggressivity (A) showed that the clover was recessive in intercrop. Economic indices such as actual yield loss (AYL) and intercropping advantage index (IA) showed that barley-clover intercropping was better than sole culture, and the highest IA was obtained in R4 (7,262,833 Rials) and M4 (4,974,840 Rials). Overall, based on the results of this experiment, 4:4 strip intercropping and additive mixture of "barley %100:%25 clovers" could be suggested to farmers as beneficial multiple cropping practices.

Conclusion

This study demonstrated that the forage quantity can be improved by adding Persian clover to the barley pure stand. The calculated LER exceeded unity in most cropping systems, indicating that intercropping was advantageous due to better exploitation of the limited environmental resources. When barley and Persian clover were intercropped as mixed stand, the total forage dry matter and protein yield were improved. Overall, based on the results of this experiment, 4:4 strip intercropping, mixed cropping barley and clover and additive mixture of "barley %100: % 25 clovers" could be suggested to Afghanistan (Herat) and Iran (Mashhad) farmers as beneficial multiple cropping practices.

Keywords: Cropping pattern, Cropping rate, Land equivalent ratio (LER), Additive mixture, Replacement mixture