مجله به‌زراعی نهال و بذر
جلد ۲-۲۹، شماره ۲، سال ۱۳۹۲

ارزیابی عملکرد علوفه خشک و پروتئین خام، رقابت و شاخص‌های سودمندی در کشت مخلوط گیاهان بقولات علوفه‌ای یکساله با جو در شرایط دیم استان زنجان

Assessment of Dry Forage and Crude Protein Yeilds, Competition and Advantage Indices in Mixed Cropping of Annual Forage Legume Crops with Barley in Rainfed Comditions of Zanjan Province in Iran

جواد لامعی هروانی

عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان زنجان، زنجان

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۰/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۴/۶

چکیده

لامعی هروانی، ج. ۱۳۹۲. ارزیابی عملکرد علوفه خشک و پروتئین خام، رقابت و شاخص‌های سودمندی در کشت مخلوط گیاهان بقولات علوفه‌ای یکساله با جو در شرایط دیم استان زنجان. **مجله به زراعی نهال و بذر ۲- ۲۹ (۲):** ۱۸۳-۱۶۹

به منظور ارزیابی سودمندی کشت مخلوط گیاهان علوفه‌ای یکساله خلر، نخود علوفه‌ای، ماشک گل خوشه‌ای و ماشک مجاری با جو در دو نسبت کشت ۳:۱ و ۱:۱ آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۳ تیمار و چهار تکرار به مدت دو سال (۹۰-۱۳۸۸) در شرایط دیم خدابنده در استان زنجان انجام شد. تجزیه واریانس مرکب داده نشان داد که اثر تیمارها بر عملکرد ماده خشک، پروتئین خام و نسبت برابری زمین در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بیشترین مقدار علوفه خشک (۶/۴۶ تن در هکتار) و پروتئین خام (۰/۵۴ تن در هکتار) به ترتیب از کشت خالص جو و نسبت کشت ۷۵٪ نخود علوفه ای+ ۲۵٪ جو حاصل شد. مقادیر زیاد جزء جو در ضریب نسبی تراکم (۴/۸۵ تا۲/۹۶ = K_B) غالب بودن این گیاه را در رقابت بین گونه‌ای با گیاهان بقولات علوفه‌ای نشان داد. بین تیمارهای مخلوط نسبت کشت ۷۵٪ نخود علوفه‌ای + ۲۵٪ جو به دلیل کسب بیشترین مقادیر عملکرد پروتئین خام (۰/۵۴ تن در هکتار)، نسبت برابری زمین (۱/۱۱)، شاخص بهره‌وری سیستم (۲/۹۲)، ضریب تراکم نسبی (۱/۵۵) و شاخص مزیت پولی (۷۲/۷+) مناسب‌ترین گیاه و نسبت کشت برای شرایط دیم استان زنجان توصیه می‌شود.

واژه‌های کلیدی: خلر، نخود علوفه‌ای، ماشک گل خوشه‌ای، ماشک مجاری و نسبت برابری زمین.

آدرس پست الکترونیکی نگارنده: jlh_1336@yahoo.com

مقدمه

فضاهای خالی آیش در دیم‌زارهای مناطق سرد ظرفیت‌های جدیدی را برای تولید اقتصادی علوفه و کود سبز فراهم می‌نماید. تک کشتی متوالی و مداوم جو نیز در مناطق خشک و نیمه خشک به دلایل تخلیه عناصر غذایی خاک، افزایش آفات و بیماری‌های گیاهی، علف‌های هرز، روند کاهشی عملکرد و بازدهی اقتصادی، روشی پایدار محسوب نمی‌شود (Yau *et al*., 2003).

با کشت گیاهان بقولات علوفه‌ای یکساله در سال‌های آیش در دیم‌زارها علاوه بر کنترل فرسایش و حفاظت خاک و آب، تثبیت بیولوژیکی نیتروژن، افزایش مواد آلی خاک، بهبود خواص فیزیکی و شیمیایی خاک، کنترل علف‌های هرز و جبران بخشی از کمبود علوفه، استفاده از کود سبز حاصله از این گیاهان ضمن کاهش تقاضا برای مصرف کودهای شیمیایی نیز در افزایش بهره‌وری محصولات و گیاهانی که متعاقب آن کشت می‌گردد موثر می‌باشد (Cho and Daimon, 2008).

کشت مخلوط بقولات و غلات روشی متداول در کشاورزی سنتی کشورهای در حال توسعه به شمار می‌آید. افزایش بهره‌وری و استفاده مطلوب از منابع در دسترس (زمین، کار، زمان، آب، عناصر غذایی)، افزایش کارایی زمین (Dhima *et al*., 2007; Asadi and Ghotbi, 2011) تولید علوفه با کیفیت (Al-Masri, 1998)، پایداری عملکرد (Lithourgidis *et al*., 2011) و کاهش خسارت آفات و علف‌های هرز (Yolcu *et al*., 2009) از مزایای کشت مخلوط بقولات و غلات در مقایسه با کشت خالص این گیاهان به شمار می‌آیند. این روش کشت ضمن تولید علوفه با کیفیت، حفاظت فیزیکی بوته‌ها از خطر ورس، کنترل رشد علف‌های هرز، سهولت برداشت علوفه و کاهش زمان رسیدگی در افزایش عملکرد دانه این گیاهان به دلیل جلوگیری از خوابیدگی موثر می‌باشد (Lithourgidis *et al*., 2011).

گیاهان خلر (Grass pea)، نخود علوفه‌ای (Field pea)، ماشک گل خوشه‌ای (Hairy vetch) و ماشک مجاری (Hungarian vetch) را می‌توان به صورت‌های چرای مستقیم، علوفه تر، علوفه خشک، دانه، کود سبز و گیاه پوششی مورد استفاده قرار داد (Cho and Daimon, 2008; Lamei, 2008). این گیاهان در مزارع تکثیر بذر گندم و جو به عنوان علف‌های هرز غیر مجاز شناخته می‌شوند.

زمان برداشت این گیاهان در کشت مخلوط با غلات جهت تولید علوفه و یا مصرف کود سبز هنگامی است که اولین غلاف‌های آن‌ها به خوبی توسعه یافته و در این مرحله غلات در مرحله شیری و ابتدای خمیری می‌باشند (Cho and Daimon, 2008; Lamei *et al*., 2012). کوتاهی طول مدت دوره رویشی، سازگاری به شرایط نامساعد محیطی، تثبیت بیولوژیکی نیتروژن، تحمل به خشکی، سرما، آفات و

بیماری‌های گیاهی و نیاز به نهاده کم، از ویژگی‌های بارز این گیاهان جهت کشت به عنوان کود سبز و یا علوفه در شرایط دیم مناطق سرد کشور به شمار می‌آیند (Lamei *et al*., 2012)

در این تحقیق کشت خالص و مخلوط گیاهان علوفه‌ای با جو در شرایط دیم خدابنده در استان زنجان مقایسه شد و نقش رقابت بر عملکرد اجزای تشکیل دهنده مخلوط مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر دو نسبت کشت مخلوط گیاهان علوفه‌ای با جو بر عملکرد کمی و کیفی علوفه آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۳ تیمار و چهار تکرار به مدت دو سال زراعی (۹۰-۱۳۸۸) در ایستگاه تحقیقاتی خدابنده در استان زنجان انجام شد.

محل اجرای آزمایش در طول جغرافیایی ´۲۹ °۴۸ شرقی و عرض جغرافیایی ´۴۱ °۳۶ و ارتفاع ۱۶۶۲ متر از سطح دریا قرار دارد. متوسط بارندگی سالانه این منطقه ۳۳۳ میلی‌متر بوده و با داشتن ۱۰۴ روز یخبندان در سال، در منطقه نیمه خشک و زیر اقلیم سرد قرار می‌گیرد. محل اجرای طرح دارای خاکی با مشخصات ۴۲٪ رس، ۴۲٪ سیلت، ۱۶٪ شن، ۰/۶۶٪ کربن آلی،۱۲/۲ میلی‌گرم در کیلوگرم فسفر قابل جذب ،۴۶۵ میلی‌گرم در کیلوگرم پتاسیم قابل جذب و اسیدیته برابر ۷/۷۵ بود.

گیاهان بقولات علوفه‌ای مورد استفاده شامل: خلر (*Lathyrus sativus* L.)، ماشک مجاری (*Vicia paninica* L.)، ماشک گل خوشه‌ای (*Vicia villosa* L.) و نخود علوفه‌ای (*Pisum avestum* L.) بودند. تیمارهای آزمایش شامل کشت‌های خالص و مخلوط ارقام محلی خلر، نخود علوفه‌ای، ماشک گل خوشه‌ای و رقم جدید ماشک مجاری (گل سفید) با رقم جدید جو دیم آبیدر در نسبت‌های کشت ۲۵٪ جو + ۷۵٪ گیاه علوفه‌ای، ۵۰٪ جو + ۵۰٪ گیاه علوفه‌ای و کشت خالص جو بودند.

بذر مورد نیاز برای هر یک از نسبت‌های کشت بر اساس درصد قوه نامیه، وزن صد دانه و مساحت کرت جداگانه توزین و پس از اختلاط کامل با استفاده از بذرکار آزمایشی وینتر اشتایگر (Wintersteiger AG A-4910 Austrian) با فواصل خطوط ۲۰ سانتی‌متر و عمق ۵-۴ سانتی‌متر کشت گردید.کشت به صورت انتظاری و در دهه سوم آبان هر سال صورت گرفت. هر کرت آزمایشی مشتمل بر ۶ خط ۴ متری بود.

ترکیبات کشت مخلوط به صورت جایگزینی تشکیل گردید به گونه‌ای که با افزایش میزان مصرف بذر گیاهان علوفه‌ای میزان بذر جو در واحد سطح کاهش یافت. در این بررسی بر اساس مطالعات انجام شده، تراکم مطلوب هر چهار گیاه علوفه‌ای در کشت خالص ۲۵۰ و جو ۳۵۰ بوته در مترمربع منظور که با

احتساب میانگین وزن صد دانه و درصد قوه نامیه خلر (۱۱/۸۹ گرم و ۹۸ درصد)، نخود علوفه‌ای (۹/۹۵ گرم و ۹۶ درصد)، ماشک گل خوشه‌ای (۴/۸۵ گرم و ۹۴ درصد)، ماشک مجاری (۳/۶۵ گرم و ۹۴ درصد) و جو (۵/۰۵ گرم و ۹۸ درصد) مقادیر بذر مصرفی در زراعت تک کشتی این گیاهان به ترتیب ۳۰۳، ۲۵۹، ۱۲۹، ۹۷ و ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار بود.

با توجه به تفاوت تراکم بهینه جو و گیاهان علوفه‌ای در واحد سطح، واحد گیاهی محاسبه گردید. بر این اساس در کلیه تیمارهای مخلوط ۵۰ درصد جو و ۵۰ درصد گیاه علوفه‌ای، ۱۷۵ گیاه جو با ۱۲۵ گیاه علوفه‌ای در یک تراکم یکسان (گیاه جو ۱۷۵ + ۱۲۵ گیاه علوفه‌ای) در حال رقابت بودند. بنابراین واحد گیاهی در کشت مخلوط برابر با (یک گیاه علوفه‌ای) و (۱/۴ گیاه جو) بود و مقادیر بذر مصرفی خلر، نخود علوفه‌ای، ماشک گل خوشه‌ای، ماشک مجاری و جو در این نسبت کشت به ترتیب ۱۵۲، ۱۳۰، ۶۵، ۴۹ و ۹۰ کیلوگرم در هکتار بود.

هنگام تهیه زمین در پاییز با توجه به آزمون خاک و مقادیر بالای فسفر و پتاسیم از هیچ گونه کود شیمیایی استفاده نگردید. در نیمه اول اردیبهشت هر سال قبل از قطع باران‌های بهاری کود سرک مورد نیاز برای هر کرت آزمایشی با احتساب مساحت هر کرت (۴/۸ مترمربع) و مبنای مصرف ۳۵ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن خالص به صورت مجزا توزین و به طور دستی یکنواخت پخش گردید. برای حذف اثر رقابت علف‌های هرز با گیاهان مورد بررسی در مخلوط وجین علف‌های هرز در بهار در دو نوبت به روش دستی انجام شد.

برداشت با هدف تولید علوفه در دهه سوم خرداد هر سال زمانی انجام شد که اولین غلاف‌های گیاهان علوفه‌ای به خوبی تشکیل شده بود و در این زمان جو در اواخر مرحله شیری و ابتدای مرحله خمیری نرم بود. در زمان برداشت، علوفه تر چهار ردیف میانی هر یک از تیمارها با رعایت فاصله ۰/۵ متر از ابتدا و انتهای هر کرت از ارتفاع دو سانتی‌متری سطح زمین بریده شد و پس از تفکیک به اجزای تشکیل دهنده مخلوط (گیاه علوفه‌ای + جو)، به طور جداگانه توزین و ثبت گردیدند.

نمونه آزمایشگاهی از علوفه تر تیمارها درون کیسه به آزمایشگاه منتقل و به مدت ۷۲ ساعت در آون ۶۵ درجه سلسیوس قرار داده شد. از نمونه‌های ماده خشک تیمارها، جهت تعیین مقادیر درصد نیتروژن و پروتئین خام استفاده گردید. پس از تعیین درصد نیتروژن هر کدام از گیاهان با استفاده از دستگاه کلدال (Kejeltec Auto Analyzer 1030)، مقادیر درصد نیتروژن در عدد ۶/۲۵ ضرب و به این ترتیب مقادیر درصد پروتئین خام تعیین گردید (AOAC, 1990). با ضرب مقادیر عملکرد ماده خشک در درصد پروتئین خام، عملکرد پروتئین خام برای هرکدام از تیمارها محاسبه شد.

برای ارزیابی سودمندی زراعت مخلوط و مقایسه آن با زراعت تک کشتی، از

شاخص نسبت برابری زمین (Land Equivalent Ratio = LER) که توسط مید و ویلی (Mead and Willey, 1980) و بر اساس سطح زمین زیر کشت پیشنهاد گردیده است استفاده گردید. نسبت برابری زمین (LER) از فرمول زیر محاسبه گردید. در این فرمول Y_L و Y_B به ترتیب عملکرد گیاهان علوفه‌ای و جو در کشت خالص و Y_{LI}، Y_{BI} عملکرد گیاهان علوفه‌ای و جو در کشت مخلوط می‌باشد. مقادیر LER جزء در تیمارهای مخلوط، از تقسیم عملکرد ماده خشک یک گونه در کشت مخلوط به عملکرد ماده خشک همان گونه در کشت خالص به تفکیک در هر یک از تکرارهای آزمایش جداگانه محاسبه و سپس مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت.

$$LER = LER_L + LER_B$$

$$LER_L = Y_{LI} / Y_L$$

$$LER_B = Y_{BI} / Y_B$$

برای تعیین میزان رقابت بین گیاهان و غالبیت نسبی یک گونه بر گونه دیگر در کشت مخلوط از شاخص ضریب نسبی تراکم (Relative Crowding Coefficient) استفاده گردید. این ضریب، مشخص‌کننده میزان رقابت بین گیاهانی است که با استفاده از روش جایگزینی به صورت مخلوط کشت شده‌اند. ضریب نسبی تراکم (K) با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (Ghosh, 2004).

$$K = K_B K_L$$

$$K_B = Y_{BI} Z_{LI} / (Y_B - Y_{BI}) Z_{BI}$$

$$K_L = Y_{LI} Z_{BI} / (Y_L - Y_{LI}) Z_{LI}$$

در این فرمول K_B و K_L به ترتیب ضریب نسبی تراکم جو و ضریب نسبی تراکم گیاهان علوفه‌ای، Y_{BI} عملکرد جو در کشت مخلوط، Y_{LI} عملکرد گیاهان علوفه‌ای در کشت مخلوط، Z_{BI} نسبت مخلوط جو، Z_{LI} نسبت مخلوط گیاهان علوفه‌ای، Y_B عملکرد جو در کشت خالص و Y_L عملکرد گیاهان علوفه‌ای در کشت خالص می‌باشد. اگر $K_B = ۱$ باشد در گیاه جو، اثر رقابت درون گونه‌ای با برون گونه‌ای برابر است. ولی اگر ضریب نسبی تراکم برای هر دو گونه (K_B و K_L) برابر واحد باشد در مخلوط حالت موازنه یا تعادل رقابت برقرار خواهد بود.

در حالتی که ضریب نسبی تراکم برای هر گونه با واحد برابر نباشد گیاهی که ضریب آن بیشتر است گیاه غالب محسوب می‌شود (Mazaheri, 1998; Ghosh, 2004; Lithourgidis *et al*., 2011). با استفاده از این معیار، اگر $K < ۱$ باشد میزان محصول بدست آمده از کشت مخلوط کمتر از کشت خالص است. اگر $K > ۱$ باشد کشت مخلوط سودمند خواهد بود و در نهایت اگر چنانچه $K = ۱$ باشد در کشت مخلوط هیچ گونه افزایش یا کاهش نسبت به کشت خالص دیده نمی‌شود (Mazaheri, 1998).

برای ارزیابی مزیت اقتصادی سیستم کشت مخلوط از شاخص مزیت پولی (Monetary advantage index) که توسط

بانیک و همکاران (Banik *et al.*, 2000)، گوش (Ghosh, 2004) و دیما و همکاران (Dhima *et al.*, 2007) بر اساس روابط زیر ارائه شده است، استفاده گردید.

$$MAI = VCI \times LER\text{-}1/LER$$

$$VCI = Y_{LI}P_L + Y_{BI}P_B$$

در این رابطه VCI (Value of Combined Intercrops)، P_L و P_B به ترتیب ارزش محصولات مخلوط، ارزش تجاری (قیمت روز) علوفه سیلویی و ارزش تجاری قصیل خشک جو (بهای هر تن علوفه سیلویی و اصیل جو خشک به ترتیب ۵۰۰۰۰۰۰ و ۳۰۰۰۰۰۰ ریال که معادل ۲۰۰ و ۱۲۰ دلار می‌باشد در نظر گرفته شده است (هر دلار معادل ۲۵۰۰۰ ریال منظور گردید).

شاخص بهره وری سیستم کشت (System Productivity Index) از دیگر شاخص‌های ارزیابی اقتصادی کشت مخلوط می‌باشد که داده‌های آن با استاندارد کردن محصول زراعت ثانوی بر مبنای محصول زراعت اصلی (گیاه علوفه‌ای) از رابطه زیر محاسبه می‌گردد (Agegnehu *et al.*, 2006).

$$SPI = (SL/S_B)Y_B + Y_L$$

در این رابطه S_L و S_B به ترتیب میانگین عملکرد گیاهان علوفه‌ای و جو در کشت خالص و Y_L و Y_B میانگین عملکرد گیاهان علوفه‌ای و جو در کشت مخلوط می‌باشند.

تجزیه واریانس ساده و مرکب داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C انجام شد. میانگین صفات با استفاده از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار LSD در سطح یک درصد مقایسه گردیدند.

نتایج و بحث

عملکرد علوفه خشک

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد اثر تیمارهای مورد بررسی بر عملکرد علوفه خشک در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول تجزیه واریانس ارائه نشده است). بیشترین محصول علوفه خشک (۶/۴۶ تن در هکتار) از تیمار کشت خالص جو حاصل شد (جدول ۱). کشت‌های خالص گیاهان علوفه ای کم‌ترین مقادیر عملکرد علوفه خشک را دارا بودند (جدول ۱).

بین تیمارهای کشت خالص گیاهان علوفه ای از نظر میانگین عملکرد علوفه خشک تفاوت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بیشترین (۲/۶۴ تن در هکتار) و کم‌ترین (۱/۵ تن در هکتار) مقادیر عملکرد علوفه خشک به ترتیب از کشت‌های خالص نخود علوفه‌ای و ماشک مجاری بدست آمد (جدول ۱). اختلاف در عملکرد علوفه خشک گیاهان علوفه‌ای در کشت خالص را می‌توان به تفاوت در ویژگی‌های زراعی این گیاهان علوفه‌ای نسبت داد.

بین کشت خالص و مخلوط هر یک از گیاهان علوفه‌ای و هم چنین بین دو نسبت کشت

جدول ۱- عملکرد علوفه خشک، پروتئین خام و نسبت برابری زمین در کشت خالص و مخلوط گیاهان بقولات علوفه‌ای یکساله با جو در دو نسبت کشت (۱۳۸۸-۱۳۹۰)

Table 1. Dry matter and crude protein yield and land equivalent ratio in monocrops and mixtures of annual forage legume crops with barley in two seeding ratios (2009-2011)

تیمار Treatment	عملکرد علوفه خشک (تن در هکتار) Dry forage yield (ton ha^{-1})			عملکرد پروتئین خام (تن در هکتار) Crude protein yield (ton ha^{-1})			نسبت برابری زمین Land equivalent ratio		
	بقولات L_{Legume}	جو L_{Barley}	جمع LAR_{Total}	بقولات L_{Legume}	جو L_{Barley}	جمع LAR_{Total}	بقولات L_{Legume}	جو L_{Barley}	جمع LAR_{Total}
Sole grass pea	2.270	-	2.270	0.430	-	0.430	-	-	-
Grass pea$_{75}$: Barely$_{25}$	1.120	3.770	4.890	0.200	0.300	0.500	0.49	0.58	1.07
Grass pea$_{50}$: Barely$_{50}$	0.620	4.830	5.450	0.100	0.400	0.500	027	0.75	1.02
Sole field pea	2.640	-	2.640	0.510	-	0.510	-	-	-
Field pea$_{75}$: Barely$_{25}$	1.350	3.860	5.210	0.250	0.290	0.540	0.51	0.60	1.11
Field pea$_{50}$: Barely$_{50}$	0.700	4.960	5.660	0.110	0.340	0.460	027	0.77	1.04
Sole hairy vetch	1.900	-	1.900	0.410	-	0.410	-	-	-
Hairy vetch$_{75}$: Barely$_{25}$	0.840	3.990	4.830	0.160	0.300	0.460	0.45	0.62	1.07
Hairy vetch$_{50}$: Barely$_{50}$	0.460	5.010	5.470	0.090	0.420	0.510	0.25	0.78	1.03
Sole Hungarian vetch	1.500	-	1.500	0.250	-	0.250	-	-	-
Hungarian vetch$_{75}$: Barely$_{25}$	0.620	3.690	4.310	0.110	0.330	0.440	0.40	0.57	0.97
Hungarian vetch$_{50}$: Barely$_{50}$	0.270	5.000	5.270	0.050	0.400	0.450	0.18	0.77	0.95
Sole Barely	-	6.460	6.460	-	0.430	0.430	-	1.00	1.00
LSD 1%	0.284	0.362	0.456	0.059	0.060	0.084	0.06	0.06	0.04

مخلوط آن‌ها از نظر میانگین عملکرد علوفه خشک تفاوت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بیشترین مقادیر عملکرد علوفه خشک از کشت مخلوط این گیاهان در نسبت کشت ۵۰:۵۰ به دست آمد. در این نسبت کشت، میزان تولید علوفه خشک در گیاهان خلر (۵/۴۵ تن در هکتار)، نخود علوفه‌ای (۵/۶۶ تن در هکتار)، ماشک گل خوشه‌ای (۵/۴۷ تن در هکتار) و ماشک مجاری (۵/۲۷ تن در هکتار) حاصل که به ترتیب ۵۸/۳۵، ۵۳/۳۵ ، ۶۵/۲۶ ، ۷۱/۵۳ درصد بیشتر از کشت خالص هر یک از این گیاهان بود (جدول ۱).

افزایش تولید مخلوط گیاهان علوفه‌ای در مقایسه با تک کشتی آن را می‌توان به کاهش رقابت درون گونه‌ای و تفاوت در شبکه ریشه این گیاهان در استفاده مطلوب از شرایط محیطی نسبت داد. کشت گیاه جو با ریشه‌های سطحی و افشان در مجاورت گیاهان علوفه‌ای که دارای ریشه‌های عمیق می‌باشد باعث می‌شود که ریشه این گیاهان در طبقات مختلف خاک پراکنده شده و در مجموع آب و مواد غذایی بیشتری از یک حجم معینی از خاک جذب گردد.

تثبیت بیولوژیکی نیتروژن توسط ریشه‌های گیاهان علوفه‌ای یکی دیگر از عوامل موثر در افزایش کارایی کشت مخلوط این گیاهان به شمار می‌آید. به طوری که می‌توان گفت گیاهان علوفه‌ای در کشت مخلوط از نیتروژن آتمسفر و گیاه جو از نیتروژن موجود در خاک استفاده نموده و به این ترتیب از نظر جذب مواد غذایی به عنوان مکمل یکدیگر عمل نموده‌اند.

مظاهری (Mazaheri, 1998) در مطالعات خود بیان نمود که در مخلوط ذرت و لوبیا نسبت برابری زمین بیش از واحد بود، ولی هنگامی که از غده‌های تثبیت نیتروژن در لوبیا جلوگیری به عمل آید هر دو گیاه برای جذب نیتروژن با یکدیگر رقابت کردند، و مقدار نسبت برابری زمین از یک کمتر شد. اگرچه در نسبت کشت ۵۰:۵۰ بین گیاهان علوفه‌ای از نظر تولید علوفه خشک تفاوت معنی‌دار نبود ولی مقدار علوفه خشک حاصل از این نسبت کشت در نخود علوفه‌ای (۵/۶۶ تن در هکتار) به ترتیب ۳/۷، ۳/۳ و ۶/۹ درصد بیشتر از گیاهان خلر، ماشک گل خوشه‌ای و مجاری بود. بین گیاهان علوفه‌ای در هر یک از نسبت‌های مشابه کشت بیشترین مقدار علوفه خشک از کشت مخلوط نخود علوفه‌ای حاصل که بیانگر برتری کشت مخلوط این گیاه در مقایسه با سایر گیاهان علوفه‌ای بود.

اگرچه مشابه نتایج تحقیق حاضر در تحقیقات انجام شده دیگر نیز با افزایش سهم غلات دانه ریز در نسبت‌های کشت مخلوط مقادیر عملکرد ماده خشک روندی افزایشی داشته ولی به دلیل غالبیت غلات دانه ریز در رقابت با گیاهان علوفه‌ای و کاهش واقعی سهم این گیاهان از عملکرد ماده خشک، کیفیت علوفه حاصل از نسبت‌های زیاد غلات در کشت مخلوط، به دلیل عدم

تعادل عناصر غذایی در ترکیب علوفه از ارزش غذایی کمتری برخوردار بود (Sadrabadi and Koocheki, 2003; Karadag, 2004; Lithourgidis *et al.*, 2007).

از طرف دیگر تداوم زراعت این ترکیب کشت در دراز مدت، خطرات ناپایداری تولید غلات را به همراه داشته که به نوعی می‌تواند به عنوان کشت متوالی و مداوم غلات در شرایط دیم تلقی گردد. بنابراین با رویکرد تولید علوفه با کیفیت، پایداری عملکرد غلات دیم، افزایش مواد آلی خاک و همچنین کاهش خطرات مربوط به کشت متوالی غلات، منطقی است از منافع آنی کسب حداکثر محصول علوفه خشک مقداری کاسته و مخلوط این گیاهان را در نسبت‌های پایین با گیاهان علوفه ای مورد کشت قرار داد.

در نتایج تحقیق حاضر بین گیاهان علوفه‌ای بیشترین مقادیر عملکرد ماده خشک از کشت خالص و مخلوط نخود علوفه‌ای حاصل شد ولی مقایسه این نتایج با مطالعات مشابهی که در این زمینه با استفاده از گونه‌ها و واریته‌های مختلف غلات دانه ریز، در مخلوط با گیاهان علوفه‌ای یک ساله انجام گردیده است بیانگر این نکته است که ویژگی‌های زراعی واریته‌های مختلف غلات دانه ریز و گیاهان علوفه‌ای، تراکم، و نسبت‌های کشت، بر رقابت بین اجزای ترکیب در کشت مخلوط، عملکرد و کیفیت علوفه تولیدی تأثیر می‌گذارد. به طوری که در مطالعات متعدد نتایج متفاوتی در این زمینه گزارش گردیده است.

قاراداغ (Karadag, 2004) از بین چهار لگوم ماشک مجاری، ماشک گل خوشه‌ای، ماشک معمولی و خلر جهت کشت مخلوط با جو، لاین شماره ۴۵۵ خلر را انتخاب نمود. قاراداغ و بیوک بورک (Karadag and Buyukburc, 2003) در یک بررسی دیگر از بین دو گیاه خلر و ماشک معمولی برای کشت مخلوط با جو رقم کوبیلی- ۸۲ (Kubilay-82) ماشک را انتخاب کردند.

لیتورگیدس و همکاران (Lithourgidis *et al.*, 2011) از بین سه گیاه گندم، تریتیکاله و چاودار، تریتیکاله را مناسب‌ترین غله دانه ریز برای کشت مخلوط با نخود علوفه‌ای در شرایط دیم گزارش کردند. بنابراین با توجه به شرایط متفاوت آب و هوایی و هم چنین ویژگی‌های زراعی ارقام لازم است برای هر منطقه تحقیقات مجزا انجام شود تا مناسب‌ترین گیاه علوفه ای و غلات دانه ریز جهت کشت در مخلوط انتخاب گردد.

عملکرد پروتئین خام

تجمع پروتئین خام در بافت‌های گیاهی یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های کیفیتی گیاهان علوفه‌ای می‌باشد که همواره برای ارزیابی کیفیت علوفه به ویژه در نظام کشت مخلوط مورد استفاده قرار می‌گیرد (Yolcu *et al.*, 2009). تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر

تیمارهای مورد بررسی بر عملکرد پروتئین خام در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول تجزیه واریانس ارائه نشده است). بیشترین مقدار عملکرد پروتئین خام (۰/۵۴ تن در هکتار) از کشت مخلوط ۷۵٪ نخود علوفه ای + ۲۵٪ جو حاصل شد (جدول ۱).

بین تیمارهای کشت خالص گیاهان علوفه‌ای از نظر میانگین عملکرد پروتئین خام تفاوت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. بیشترین (۰/۵۱ تن در هکتار) و کم‌ترین (۰/۲۵ تن در هکتار) مقادیر عملکرد پروتئین خام به ترتیب از کشت خالص نخود علوفه‌ای و ماشک مجاری حاصل شدند. اختلاف در عملکرد پروتئین خام گیاهان علوفه‌ای در کشت خالص را می‌توان به تفاوت در عملکرد علوفه خشک و هم چنین میزان غلظت نیتروژن در بافت اندام‌های هوایی این گیاهان نسبت داد.

اگرچه کشت خالص جو بیشترین عملکرد علوفه خشک (۶/۴۶ تن در هکتار) را در بین تیمارها به خود اختصاص داد ولی بین عملکرد پروتئین خام حاصل از این تیمار کشت (۰/۴۳ تن در هکتار) در مقایسه با تیمارهای کشت مخلوط گیاهان علوفه‌ای تفاوت معنی‌دار نبود (جدول ۱). دلیل این موضوع را می‌توان به پایین بودن محتوی نیتروژن در بافت اندام‌های هوایی جو در مقایسه با گیاهان علوفه‌ای و همچنین تثبیت بیولوژیکی نیتروژن توسط گیاهان علوفه‌ای نسبت داد.

وجود باکتری‌های ریزوبیوم همزیست با ریشه گیاهان خلر، نخود علوفه‌ای و ماشک در اغلب خاک‌های کشور ما، یکی دیگر از مزیت‌هایی است که امکان کشت اقتصادی این گیاهان را بدون نیاز به آغشته کردن بذر به باکتری فراهم می‌سازد. کایوز و کایوز (Krause and Krause, 2003) در مطالعات خود چنین اظهار داشتند که تثبیت بیولوژیکی نیتروژن در گیاه خلر حدود دو هفته بعد از جوانه‌زنی آغاز و بیشترین مقدار تثبیت در مرحله شروع گلدهی تا تشکیل غلاف اتفاق می‌افتد. این محققین دامنه تغییرات تجمع نیتروژن در این گیاه را ۲۰۰-۹۰ کیلوگرم در هکتار گزارش کردند که حدود ۸۰ درصد آن در اندام‌های هوایی گیاه ذخیره شده بود.

میانگین عملکرد پروتئین خام تیمارها بیانگر آن است که ارزش غذایی گیاهان مورد کشت در مخلوط از یک درجه اهمیت برخوردار نبود و بنابراین برای تولید علوفه با کیفیت و دسترسی به حداکثر عملکرد پروتئین خام زراعت مخلوط گیاهان بقولات علوفه‌ای با جو به کشت خالص جو و گیاهان بقولات علوفه‌ای ترجیح دارد. چن و همکاران (Chen *et al*., 2004) در مطالعات خود چنین اظهار داشتند که بقولات از نظر محتوی پروتئین و گندمیان از نظر مقدار کربو هیدارت‌ها غنی می‌باشند.

پروتئین نسبتاً پایین علوفه غلات و نیاز دام به غذای مکمل و با ارزش اهمیت کشت مخلوط غلات و بقولات را در تأمین پروتئین، مواد معدنی و ویتامین‌های کافی در مقایسه با مصرف

خالص آن‌ها نشان می‌دهد. تعادل عناصر غذایی در ترکیب علوفه غلات و بقولات یکی دیگر از مزایای کشت مخلوط این گیاهان بوده که این امر نقش مهمی را در افزایش فراورده‌های دامی ایفا می‌نماید (Yolcu *et al*., 2009).

نسبت برابری زمین و ضریب نسبی تراکم

تفاوت مقادیر نسبت برابری زمین در تیمارهای کشت مخلوط در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول تجزیه واریانس ارائه نشده است). مقادیر این شاخص در تیمارهای کشت مخلوط در محدوده ۱/۱۱ تا ۰/۹۵ قرار داشت (جدول ۱). بیشترین مقدار این شاخص (۱/۱۱) از نسبت ۷۵:۲۵ کشت مخلوط نخود علوفه‌ای حاصل شد. مقادیر نسبت برابری زمین در نسبت کشت ۲۵ : ۷۵ هر چهار گیاه علوفه‌ای بیشتر از نسبت ۵۰:۵۰ این گیاهان بود (جدول ۱). بین گیاهان علوفه‌ای در هر یک از نسبت‌های مشابه کشت نخود علوفه‌ای و ماشک مجاری به ترتیب بیشترین وکمترین مقادیر نسبت برابری زمین را دارا بودند. به استثنای دو نسبت کشت مخلوط ماشک مجاری در بقیه تیمارهای کشت مخلوط مقادیر نسبت برابری زمین (LER) و ضریب نسبی تراکم (K) از واحد بیشتر که بیانگر سودمندی کشت مخلوط این گیاهان در مقایسه با زراعت تک کشتی آن‌ها بود (جدول ۲).

جدول ۲- ضریب نسبی تراکم، مزیت پولی و شاخص بهره‌وری سیستم در دو نسبت کشت مخلوط گیاهان علوفه‌ای یک ساله با جو (۱۳۹۰-۱۳۸۸)

Table 2. Relative crowding coefficient (K), monetary advantage index (MAI) and system productivity index (SPI) for mixtures of annual forage legume crops with barley in two seeding ratios (2009-2011)

تیمار Treatment	ضریب نسبی تراکم Relative crowding coefficient			شاخص مزیت پولی	شاخص بهره‌وری
	K_{Legume}	K_{Barley}	K	MAI	SPI
Grass pea_{75} : $Barely_{25}$	0.32	4.20	1.37	+44.25	2.44
Grass pea_{50} : $Barely_{50}$	0.38	2.96	1.11	+13.80	2.31
Field pea_{75} : $Barely_{25}$	0.35	4.45	1.55	+72.70	2.92
Field pea_{50} : $Barely_{50}$	0.36	3.31	1.20	+28.28	2.73
Hairy $vetch_{75}$: $Barely_{25}$	0.26	4.85	1.28	+42.31	2.01
Hairy $vetch_{50}$: $Barely_{50}$	0.32	3.46	1.10	+20.19	1.93
Hungarian $vetch_{75}$: $Barely_{25}$	0.23	4.00	0.94	-17.53	1.48
Hungarian $vetch_{50}$: $Barely_{50}$	0.22	3.42	0.75	-34.42	1.43

واکنش گیاهان علوفه‌ای در رقابت با جو یکسان نبود. در نسبت‌های مشابه مخلوط بین مقادیر جزء گیاهان علوفه‌ای LER_L تفاوت در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۱). در هر دو حالت از نسبت‌های مشابه کشت نخود علوفه‌ای و ماشک مجاری به ترتیب بیشترین وکمترین مقادیر جزء LER_L را دارا بودند. دلیل این امر را می‌توان به خصوصیات

ژنتیکی و اختلاف در سرعت رشد این دو گیاه در رقابت با جو نسبت داد. پایین بودن مقادیر جزء LER_L ماشک مجاری در مقایسه با بقیه گیاهان علوفه‌ای را می‌توان به پایین بودن سرعت رشد این گیاه در مرحله استقرار نسبت داد.

درشتی دانه‌های خلر (۱۱/۸۹ گرم = وزن صد دانه) و نخود علوفه‌ای (۹/۹۵ گرم = وزن صد دانه) و زیاد بودن اندوخته غذایی در آندوسپرم دانه این گیاهان در مقایسه با ماشک گل خوشه‌ای (۴/۸۵ گرم = وزن صد دانه) و مجاری (۳/۶۵ گرم = وزن صد دانه) می‌تواند دلیلی بر بیشتر بودن سرعت رشد این گیاهان در مرحله استقرار به شمار آید. مظاهری (Mazaheri, 1998) توصیه نموده است که در کشت مخلوط گندمیان که به حرارت‌های پایین ناسازگارند با بقولاتی که قدرت جذب مواد غذایی زیاد دارند انتخاب شوند.

با افزایش نسبت جو در کشت مخلوط مقادیر جز گیاهان علوفه‌ای در نسبت برابری زمین LER_L کاهش نشان داد. به طوری که در نسبت کشت ۵۰٪ جو + ۵۰٪ گیاه علوفه‌ای این مقادیر کمتر از نسبت ۲۵٪ جو + ۷۵٪ گیاه علوفه‌ای بودند (جدول ۱). دلیل این امر را می‌توان به تشدید رقابت بین گونه‌ای و غالبیت گیاه جو در کشت مخلوط نسبت داد. بالا بودن سرعت رشد و استقرار سریع جو در مراحل اولیه رشد رویشی سبب می‌شود که این گیاه در جذب رطوبت، نور و مواد معدنی خاک سطحی موفق‌تر از گیاهان علوفه‌ای عمل نماید. به طوری که با کندی جذب مواد غذایی و کم شدن نور موثر در فتوسنتز گیاهان علوفه‌ای، عوامل رشد این گیاهان تحت تأثیر قرار می‌گیرد. علاوه بر این، مصرف کود نیتروژن سرک در اوایل بهار عامل دیگری بر تحریک سرعت رشد گیاه جو بود، که این عامل نیز برتری این گیاه را در رقابت با گیاهان علوفه‌ای تشدید می‌نماید. زیاد بودن مقادیر جزء ضریب نسبی تراکم جو (K_B)، از مقادیر جزء گیاهان علوفه‌ای (K_L) در تمامی تیمارهای کشت مخلوط نیز گویای غالب بودن این گیاه در رقابت برون گونه‌ای می‌باشد (جدول ۲).

هاگارد- نلسون و همکاران (Hauggard-Nielsen *et al.*, 2006)، صدرآبادی و کوچکی (Sadrabadi and Koocheki, 2003) و قاراداغ (Karadag, 2004) در مطالعات کشت مخلوط تقاضای بیشتر غلات برای نیتروژن معدنی و برتری رقابت این گیاهان را نسبت به بقولات در جذب این عنصر غذایی به سرعت رشد ریشه غلات نسبت دادند. بنابراین چنین استنباط می‌شود که غلات در اوایل بهار نسبت به بقولات دارای رشد بیشتری بوده و در این زمان عناصر غذایی به ویژه نیتروژن معدنی خاک را مصرف می‌نمایند. با افزایش درجه حرارت و مصرف کود نیتروژن که باعث تحریک رشد غلات می‌شود رقابت بین غلات و بقولات تشدید می‌گردد.

لیتورگیدس و همکاران (Lithourgidis *et al.*, 2011) در بررسی کشت مخلوط گیاهان گندم، تریتیکاله و چاودار با نخود علوفه‌ای روند الگوی رشد در گیاهان گندم، تریتیکاله و چاودار را بر مبنای معادله درجه دوم ($y = a + bx - cx^2$) و در نخود علوفه‌ای خطی ($y = a + bx$) برآورد کرد.

شاخص‌های مزیت پولی و بهره‌وری سیستم

مقادیر شاخص بهره‌وری سیستم (SPI) و مزیت پولی (MAI) در هر دو نسبت کشت مخلوط برای ماشک گل خوشه‌ای، نخود علوفه‌ای و خلر بیشتر از مقادیر (کشت خالص گیاهان علوفه‌ای) بود و بیانگر سودمندی کشت مخلوط این گیاهان در مقایسه با زراعت تک کشتی آن‌ها می‌باشد. بین دو نسبت کشت بیشترین مقادیر این شاخص‌ها از ترکیب کشت ۷۵:۲۵ این گیاهان حاصل شد که نشان می‌دهد برای دست‌یابی به حداکثر عملکرد علوفه خشک در شرایط دیم این نسبت به ترکیب کشت ۵۰:۵۰ ترجیح دارد.

در این نسبت کشت مقادیر شاخص‌های MAI و SPI در گیاه خلر به ترتیب (۴۴/۲۵+ و ۲/۴۴)، نخود علوفه‌ای(۷۲/۷+ و ۲/۹۳) و ماشک گل خوشه‌ای(۴۲/۳۱+ و ۲/۰۱) بودند (جدول ۲). مقادیر کم و منفی شاخص‌های MAI (۳۴/۴۲-) و SPI (۱/۴۳) در نسبت کشت ۵۰:۵۰ ماشک مجاری نیز دلیل بر عدم سودمندی کشت مخلوط این گیاه در این نسبت کشت می‌باشد (جدول ۲). نتایج بدست آمده در این پژوهش در ارتباط با مقادیر این شاخص‌ها در مقایسه با نتایج مطالعات لیتورگیدس و همکاران (Lithourgidis *et al.*, 2011) و دیما و همکاران (Dhima *et al.*, 2007) هم‌خوانی داشت.

نتایج این پژوهش موفقیت کشت گیاهان بقولات علوفه‌ای یکساله و هم چنین برتری کشت مخلوط آن‌ها را نسبت به تک کشتی این گیاهان در شرایط دیم استان زنجان نشان داد. به علاوه نسبت کشت ۷۵٪ گیاهان بقولات علوفه‌ای یکساله + ۲۵٪ جو به دلیل سهم بالای پروتئین خام گیاهان علوفه‌ای در اجزای ترکیب و هم چنین کیفیت مطلوب علوفه از نظر تعادل عناصر غذایی به نسبت کشت ۵۰:۵۰ این گیاهان برتر بود. در بین گیاهان بقولات علوفه‌ای یکساله و ترکیب‌های کشت نیز کشت مخلوط نخود علوفه‌ای در نسبت کشت ۲۵:۷۵ با جو به دلیل کسب بیشترین مقادیر LER (۱/۱۱)، SPI (۲/۹۲)، MAI (۷۲/۷+) و K (۱/۵۵) بعنوان مناسب‌ترین کشت مخلوط تعیین شد.

References

Agegnehu, G., Ghizaw, A., and Sinebo, W. 2006. Yield performance and land-use efficiency of barley and faba bean mixed cropping in Ethiopian highlands. European Journal of Agronomy 22: 202-207.

Al-Masri, M. R. 1998. Yield and nutritive value of vetch (*Vicia sativa*) - barely (*Hordeum vulgare*) forage under different harvesting regimens. Tropical Grasslands 32: 201-206.

AOAC. 1990. Official methods of analysis. 15th Edition. Association of Official Analytical Chemists. Washington. D. C., USA. 28 pp.

Asadi, H., and Ghotbi, V. 2011. Economic assessment of mixed cropping of alfalfa with irrigated annual cereals. Seed and Plant Production Journal 27 (2): 183-194.

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 row replacement series systems. Journal of Agronomy and Crop Sciences 185: 9-14. http://www.onlinelibrary.wiley.com.

Chen, C., Westcott, M., Nrill, K., Wichman, D., and Knox, M. 2004. Row configuration and nitrogen application for barley-pea intercropping in Montana. Agronomy Journal 96: 1730-1738.

Cho, B., and Daimon, H. 2008. Effect of hairy vetch incorporated as green manure on growth and N uptake of sorghum crop. Plant Production Science 11: 211-216.

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.

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

Hauggaard-Nielsen, H., Andersen, M. K., Jornsgaard, B., and Jensen, E. S. 2006. Density and relative frequency effects on competitive interactions and resource use in pea-barley intercrops. Field Crops Research 95: 256-267.

Karadag, Y. 2004. Forage yields, seed yields and botanical compositions of some legume-barely mixtures under rainfed conditions in semi-arid regions of Turkey. Asian Journal of Plant Sciences 3: 295-299.

Karadag, Y., and Buyukburc, U. 2003. Effects of seed rates on forage production, seed yield hay quality of annual legume – barely mixtures. Turkish Journal of Agricultural Research 27: 169-174.

Krause. D., and Krause, I. 2003. New green manuring *Lathyrus sativus* variety AC Greenfix available in USA. Lathyrus Lathyrism Newsletter 3. http://www.acgreenfix.com.

Lamei, J., Alizadeh, K., Teixeira da Silva, J. A., and Taghadisi, M. V. 2012. *Vicia panonica*: a suitable cover crop for winter fallow in cold regions of Iran. Plant Stress 6: 73-76.

Lithourgidis, A. S., Dhima, K. V., Vasiliakoglou, I. B., Dordas, C. A., and Yiakoulaki, M. D. 2007. Sustainable production of barley and wheat by intercropping common vetch. Agronomy for Sustainable Development 27: 95-99.

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: 287-294.

Mazaheri, D. 1998. Intercropping. Tehran University Publications. Tehran. 262 pp. (In Persian).

Mead, R., and Willey, R. W. 1980. The concept of a land equivalent ratio and advantages in yields for intercropping. Experimental Agriculture 16: 217-228.

Sadrabadi, R., and Koocheki, A. 2003 Mixed cropping of wheat and hairy vetch with supplemental irrigation in a low input dryland system. Journal of Agricultural Science 5: 105-118 (In Persian).

Yau, S. K., Bounejmate, M., Rayan, J., Baalbaki, R., Nassar, A., and Muacaroum, R. 2003. Barley- legumes rotation for semi-arid areas of Lebanon. European Journal of Agronomy 19: 599-610.

Yolcu, H., Polat, M., and Aksakal, V. 2009. Morphologic, yield and quality parameters of some annual forage as sole crops and intercropping mixtures in dry conditions for livestock. Journal of Food, Agriculture and Environment 7: 594-599.