نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۶، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۳، ص. ۳۰۰-۲۹۰

Journal of Agroecology
Vol. 6, No. 2, Summer 2014, p. 290-300

مطالعه اثر منابع کودی نیتروژن بر عملکرد علوفه شبدر برسیم (*Trifolium alexandrinum* L.) در کشت مخلوط افزایشی با ریحان (*Ocimum basilicum* L.) در شرایط اقلیمی کرج

سارا صفی‌خانی[۱]، محمدرضا چائی‌چی[۲*] و احمدعلی پوربابائی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۲/۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۵/۱۲

چکیده

این آزمایش به منظور بررسی واکنش کشت مخلوط افزایشی شبدر برسیم (*Trifolium alexandrinum* L.) و ریحان (*Ocimum basilicum* L.) به سیستم‌های کوددهی در مزرعه آموزشی- پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران در سال زراعی۱۳۹۰ اجرا گردید. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد.کرت‌های اصلی دربرگیرنده نوع کود در چهار سطح (شاهد، ۱۰۰٪ کود شیمیایی نیتروژن، کود زیستی + ۵۰٪ کود نیتروژن و کود زیستی) و کرت‌های فرعی دربرگیرنده تیمارهای کشت خالص ریحان با وجین، کشت خالص ریحان بدون وجین، کشت خالص شبدر با وجین، کشت خالص شبدر بدون وجین، کشت مخلوط شبدر برسیم۱۰۰٪ + ۱۰۰٪ ریحان، کشت مخلوط شبدر برسیم۱۰۰٪ + ۷۵٪ ریحان، کشت مخلوط شبدر برسیم ۱۰۰٪ + ۵۰٪ ریحان، کشت مخلوط شبدر برسیم ۱۰۰٪ + ۲۵٪ ریحان بودند. کود زیستی مورد استفاده شامل *ازتوباکتر* (*Azotobacter* sp.) + *آزوسپیریلوم* (*Azosperilium* sp.) + *میکوریزا* (*Mycorrhiza* sp.) + *باسیلوس* (*Bacillus* sp.) و *ریزوبیوم* (*Rhizobium trefoli*) بود. نتایج آزمایش نشان داد که بیشترین عملکرد ریحان (۴۲۲۳ کیلوگرم در هکتار) از تیمار کشت خالص ریحان با وجین در سطح کود تلفیقی و بیشترین عملکرد شبدر (۴۸۳۳ کیلوگرم در هکتار) در تیمار کشت خالص شبدر با وجین در سطح کود شیمیایی ۱۰۰٪ بدست آمد. بیشترین عملکرد علوفه کل ریحان + شبدر در دو چین (۵۹۸۳/۳ کیلوگرم در هکتار) از تیمار کشت مخلوط شبدر برسیم + ۷۵٪ ریحان و کشت مخلوط شبدر برسیم + ۵۰٪ ریحان در سطح کود تلفیقی نیتروژن و کمترین مقدار آن (۱۹۲۷/۶ کیلوگرم در هکتار) در تیمار کشت خالص شبدر برسیم بدون وجین در سطح تیمار کود زیستی به دست آمد. محاسبه و ارزیابی نسبت برابری زمین و میزان رقابت نشان داد که سیستم کشت شبدر برسیم + ۷۵٪ ریحان و کشت مخلوط شبدر برسیم + ۵۰٪ ریحان نسبت به سایر تیمارهای کاشت برتری داشت، که این مسئله برتری کشت مخلوط را نسبت به کشت خالص نشان داد. بر اساس نتایج این آزمایش به نظر می‌رسد که استفاده از کودهای تلفیقی (کود زیستی+ ۵۰٪ کود شیمیایی نیتروژن) می‌تواند جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی نیتروژن باشد.

واژه‌های کلیدی: شدت رقابت، علوفه‌دارو، کود تلفیقی، کود زیستی، مجموع عملکرد نسبی

مقدمه

افزایش روزافزون جمعیت جهانی و عدم توانایی مراتع در برآورد نیاز غذایی دام‌ها موجب شده است که به کشت گیاهان علوفه‌ای بیش از پیش توجه شود. یک کشاورزی موفق با تلفیقی از روش‌های نوین و سنتی می‌تواند از عوامل تولید حداکثر استفاده را نموده و نیازهای غذایی جمعیت درحال رشد را مرتفع سازد (Pandita et al., 2000).

کشت مخلوط را می‌توان نوعی کشاورزی فشرده، در زمان و مکان به حساب آورد (Federer, 1993) که باعث افزایش عملکرد در واحد سطح (Pandita et al., 2000)، افزایش میزان بهره‌وری منابع مورد استفاده (Nassiri Mahallati et al., 2001)، افزایش کارایی مصرف آب، مواد غذایی و نور (Mazaheri, 1998)، کاهش مصرف سموم شیمیایی و آفت‌کش‌ها، کاهش زیست‌توده علف‌های هرز، افزایش حاصلخیزی خاک از طریق تثبیت زیستی نیتروژن حاصل از حضور بقولات در کشت مخلوط، افزایش راندمان تولید (Nassiri Mahallati et al., 2001) و افزایش تنوع و ثبات زیستی در درازمدت (Mazaheri, 1998) می‌شود. کشت مخلوط زمانی موفقیت‌آمیز است که مجموع رقابت بین‌گونه‌ای برای کسب منابع از

۱ و ۲- به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و استاد زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی دانشگاه تهران
۳- دانشیارگروه خاکشناسی کشاورزی دانشگاه تهران
(*- نویسنده مسئول: E-mail: rchaichi@ut.ac.ir)

مجموع رقابت درون‌گونه‌ای کمتر باشد (Putnam et al., 1992). گیاهان در سیستم مخلوط را باید طوری انتخاب کرد که یک گونه بتواند مستقیماً از تغییرات محیطی، که به وسیله گونه همراه در کشت مخلوط پدید می‌آید، سود ببرد (Javanshir et al., 2001).

درحال حاضرکودهای زیستی به عنوان گزینه‌ای جایگزین برای کودهای شیمیایی، به منظور افزایش حاصلخیزی خاک در تولید محصولات درکشاورزی پایدار مطرح شده‌اند (Wu et al., 2005).کودهای زیستی در حقیقت ماده‌ای شامل انواع مختلف ریزموجودات آزادزی بوده (Vessey, 2003) که توانایی تبدیل عناصر غذایی اصلی را از فرم غیرقابل دسترس به فرم قابل دسترس طی فرایندهای زیستی داشته و منجر به توسعه سیستم ریشه‌ای و جوانه‌زنی بهتر بذور می‌گردند (Devaraj, 2004).

شبدر برسیم با نام علمی *Trifolium alexandrimum* L. از تیره بقولات (Fabaceae) می‌باشد و قادر است سالانه ۲۰۰- ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن تثبیت کند. علوفه شبدر برسیم برای تغذیه حیوانات از شبدر کریمسون (*Trifolium incarnatum* L.) و یونجه (*Medicago sativa* L.) بهتر است و در دستگاه گوارشی دام نفخ کمتری ایجاد می‌کند. شبدر برسیم به طور متوسط ۳/۷۵ تن در هکتار علوفه خشک تولید می‌نماید (Clark, 2007). ریحان (*Ocimum basilicum* L.) گیاهی یکساله و علفی از خانواده نعناعیان (Lamiaceae) می‌باشد. اندام قابل استفاده گیاه، برگ، سرشاخه‌های گلدار و بذر است که در طب سنتی به عنوان ضد اسپاسم، اشتهاآور، ضد نفخ، مدر، شیرافزا و آرام‌بخش استفاده می‌شود (Yazdani et al., 2005).

تأمین منابع جایگزین در تغذیه دام به نحوی که بتواند ضمن تأمین نیازهای غذایی، شرایط مناسب برای پیشگیری و درمان بیماری‌های احتمالی را نیز فراهم نماید، می‌بایست به عنوان شیوه‌ای جدید در تولید فراورده‌های دامی در سرلوحه اولویت‌های تحقیقاتی قرار گیرد. منابع علوفه‌ای موجود، از دیدگاه علوفه‌دارو می‌توانند به سه دسته تقسیم شوند: گروه اول: گیاهان علوفه‌ای که صرفاً جنبه تأمین نیازهای غذایی دام را دارند که عمدتاً تحت نام علوفه تمام یا بخشی از جیره غذایی دام را به خود اختصاص می‌دهند (شامل گیاهان علوفه‌ای متداول در ایران و جهان). گروه دوم: گیاهان علوفه‌ای که ضمن تأمین بخشی از نیازهای غذایی دام به لحاظ دارا بودن متابولیت‌های ثانویه مناسب، می‌توانند نقش مفیدی در تحریک رشد، پیشگیری از بروز بیماری‌ها و حتی درمان بیماری‌های مختلف ایفا کنند که در این میان می‌توان از گیاهانی همچون کنگر فرنگی (*Cynara scolymus* L.) و شلغم علوفه‌ای (*Brassica rapa* L.) نام برد (گیاهان علوفه‌دارویی) (Fateh, 2006). گروه سوم: منابع علوفه‌ای مناسبی که با نقش مدیریتی انسان از کشت مخلوط گیاهان دارویی و گیاهان علوفه‌ای رایج تولید می‌شوند (ترکیب علوفه‌دارو). بدیهی است که نوع، نسبت ترکیب، زمان کاشت، تطابق الگوی رشد و سازگاری اکولوژیکی این گیاهان با یکدیگر، نشأت گرفته از دانش مدیریتی انسان و مبتنی بر شناخت او از اکوفیزیولوژی گیاهانی است که می‌بایست در کنار یکدیگر کشت و تولید گردند. کشت مخلوط گیاه علوفه‌ای (شبدر برسیم) و دارویی (ریحان) می‌تواند به عنوان گام مهمی در راستای کشاورزی پایدار تلقی شود. گیاه ریحان به دلیل خواص دارویی، علاوه بر افزایش کیفیت علوفه جهت تأمین علوفه‌دارو با تولید حجم بالای زیست‌توده برای افزایش عملکرد علوفه در کشت مخلوط با شبدر برسیم انتخاب شد.

در کشت مخلوط شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) و گشنیز (*Coriandrum sativum* L.)، اختلاف ارتفاع این دو گیاه، جدا بودن آشیان‌های اکولوژیک در استفاده از منابع و کاهش رقابت بین دو گیاه گشنیز و شنبلیله از جمله عواملی هستند که سبب سودمندی کشت مخلوط این دو گیاه و تولید عملکرد بیولوژیک بالاتر نسبت به تک‌کشتی آنها می شوند (Bigonah et al., 2011). در کشت مخلوط سویا (*Glycin max* L.) و نعناع (*Mentha arvensis* L.) عملکرد و کیفیت اسانس نعناع در مقایسه با کشت خالص بیشتر بود (Maffei & Mucciarelli, 2003).

کندیل و همکاران (Kandeel et al., 2002) در بررسی اثر نیتروژن آلی، نیتروژن غیرآلی و تلفیق آنها بر رشد، عملکرد و ترکیبات اسانس گیاه ریحان، مشاهده نمودند که تلفیق دو نوع نیتروژن سبب افزایش ارتفاع، عملکرد تر و خشک اندام هوایی و عملکرد اسانس نسبت به تیمار شاهد شد. سطوح مختلف کودهای شیمیایی و کودهای زیستی شامل *آزوسپیریلوم*، باکتری‌های حل‌کننده فسفات و میکوریزا روی گیاه ریحان نشان داد که بالاترین عملکرد اسانس و عمکرد رویشی در تلفیق ۷۵ درصد کود شیمیایی به همراه کودهای زیستی حاصل می‌شود (Ajimoddin et al., 2005). تلقیح گیاه ریحان با گونه‌های مختلف باکتری *ازتوباکتر* و قارچ *گلوموس* (*Glomus etunicatum*) سبب افزایش وزن زیست‌توده، سرعت رشد و میزان

اسانس گیاه شد (Vinutha, 2005). در مطالعه‌ای دیگر، تلقیح باکتری *باسیلوس* روی گیاه ریحان سبب افزایش عملکرد اسانس و زیست‌توده ریحان شد و میزان اسانس گیاه را دو برابر افزایش داد (Banchio et al., 2009).

هدف از اجرای این آزمایش بررسی اثر نوع کود نیتروژن بر عملکرد علوفه شبدر برسیم و ریحان در سیستم کشت مخلوط در راستای اهداف کشاورزی پایدار بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در کرج با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۵۶ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۸ دقیقه شرقی و با ارتفاع ۱۱۱۲/۵ متر از سطح دریا، در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ انجام شد. این آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار پیاده شد. کرت‌های اصلی دربرگیرنده نوع کود در چهار سطح شامل: شاهد (عدم مصرف کود)، ۱۰۰٪ کود شیمیایی نیتروژن، کود زیستی + ۵۰٪ کود شیمیایی نیتروژن و کود زیستی و کرت‌های فرعی دربرگیرنده تیمارهای کشت خالص ریحان با وجین (B_0)، کشت خالص ریحان بدون وجین (B_w)،کشت خالص شبدر با وجین (C_0)، کشت خالص شبدر بدون وجین (C_w)،کشت مخلوط افزایشی۱۰۰٪ شبدر برسیم + ۱۰۰ ٪ ریحان (C_{b100})، کشت مخلوط افزایشی۱۰۰٪ شبدر برسیم + ۷۵٪ ریحان (C_{b75})، کشت مخلوط افزایشی۱۰۰٪ شبدر برسیم +۵۰ ٪ ریحان (C_{b50}) کشت مخلوط افزایشی۱۰۰٪ شبدر برسیم + ۲۵٪ ریحان (C_{b25}) بودند.کود زیستی مورد استفاده تلفیقی از *ازتوباکتر* (*Azotobacter* sp.) + *آزوسپیریلوم* (*Azosperilium* sp.) + میکوریزا (*Mycorrhiza* sp.) + *باسیلوس* (*Bacillus* sp.) و *ریزوبیوم* (*Rhizobium trefoli*) بود.

لازم به ذکر است که کلیه ریزموجودات زیستی از خاک مزرعه جداسازی و در آزمایشگاه میکروبیولوژی گروه خاک‌شناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران تفکیک، شناسایی و تکثیر گردید. جمعیت باکتری CFU کود زیستی نیز $۱۰^۷$ روی هر بذر بود.

برای انجام آزمون خاک یک نمونه مرکب از مزرعه از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری، تهیه و برای انجام تجزیه فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه خاک‌شناسی منتقل‌گردید. نتایج آزمون خاک محل آزمایش در جدول ۱ آورده شده است.

در این آزمایش برای تأمین نیتروژن مورد نیاز در تیمارهای کود شیمیایی خالص از کود اوره به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار (مقدار کود مورد نیاز بر اساس آزمون خاک و نیاز کودی شبدر برای تولید علوفه محاسبه شده است) بر اساس آزمون خاک استفاده گردید. کود اوره به صورت سرک در دو مرحله کاشت و بعد از چین اول علوفه به کار برده شد. سایر نیازهای کودی خاک به فسفر و پتاسیم نیز بر اساس آزمون خاک (به ترتیب ۲۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم فسفات آمونیوم و سولفات پتاسیم در هکتار) تأمین و در هنگام کاشت به خاک داده شد.

برای تلقیح بذور ریحان و شبدر به کود زیستی طبق توصیه بخش تحقیقات بیولوژی خاک موسسه تحقیقات خاک و آب، پس از محاسبهٔ میزان بذر مورد نیاز برای کاشت تیمارهایی که نیاز به تلقیح داشتند، بذور داخل یک کیسه پلی‌اتیلنی ریخته شدند. سپس بر روی بذور مقدار ۳۰ میلی‌لیتر ماده چسباننده (محلول ۴۰٪ صمغ عربی به‌ازای هر کیلوگرم بذر) اضافه گردید و برای مدت پنج دقیقه به خوبی تکان داده شد تا سطح تمام بذور به شکل یکنواختی به این ماده آغشته شود. سپس به ازای هر کیلوگرم بذر مقدار ۵۰ گرم کود زیستی حاوی باکتری‌های تلقیح کننده بر روی بذور ریخته شد و مجدداً به مدت پنج دقیقه دیگر به‌خوبی تکان داده شد تا سطح تمام بذور به شکل کاملاً یکنواخت با ماده تلقیح آغشته شود.

جدول ۱- نتایج تجزیه خاک محل اجرای آزمایش

Table 1- Soil analysis of the experimental site

نیتروژن کل(٪) Total Nitrogen (%)	فسفر قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Absorbable Phosphorus ($mg.kg^{-1}$)	پتاسیم قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم) Absorbable Potassium ($mg.kg^{-1}$)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی عصاره اشباع (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS.m^{-1}$)	درصد سدیم جذبی SAR	ماده آلی (درصد) Organic matter (%)	آهک (درصد) Lime (%)	بافت خاک (لوم) Soil texture (Loam)		
								رس (٪) Clay(%)	سیلت (٪) Silt (%)	شن(٪) Sand(%)
0.09	14.1	151	8	1.74	1.48	0.84	7.7	24	38	38

در پایان بذور آغشته به مایه تلقیح روی ورقهٔ آلومینیومی تمیز در زیر سایه پهن گردید تا بذور خشک شوند (Somasegaran & Hoben, 1994). سپس به سرعت اقدام به کشت گردید و آبیاری در همان روز انجام شد. روش تلقیح میکوریزا نیز به همراه بقیه باکتری‌ها بصورت مایه تلقیح بوده و بذر آلوده مورد استفاده قرار گرفته است.

شایان ذکر است که در این آزمایش گیاه شبدر به عنوان علوفه اصلی در جیره غذایی دام در نظر گرفته شده است و هدف از اختلاط گیاه ریحان با شبدر ضمن بهره‌برداری از واحد سطح زمین و افزایش عملکرد علوفه، ارتقاء کیفیت علوفه (بعنوان علوفه‌دارو) و مبارزه با علف‌های هرز بوده است. کشت بذور روی خطوط کاشت در عمق ۳-۲ سانتی‌متری انجام شد. شبدر برسیم به مقدار ۲۰ کیلوگرم در هکتار بر روی خطوطی با فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر کشت گردید. کشت ریحان به میزان پنج کیلوگرم در هکتار و با توجه به وزن هزار دانه آن در کشت خالص، با تراکم ۴۰۰ بوته در متر مربع در نظر گرفته شد. شایان ذکر است که تراکم کشت شبدر در تمام تیمارهای کشت مخلوط افزایشی ثابت و تراکم کشت ریحان در تیمارهای مختلف کشت مخلوط افزایشی متناسب با تیمار مربوطه متغیر بود. در تیمارهای کشت خالص روی هر پشته یک خط کشت و در تیمارهای کشت مخلوط دو خط کشت در دو طرف پشته انجام شد. کاشت در تاریخ ۱۳۹۰/۲/۴ انجام و بلافاصله پس از اتمام عملیات کاشت آبیاری انجام شد. آبیاری برحسب شرایط اقلیمی منطقه، هر هفته یک‌بار انجام شد. وجین علف‌های هرز در تیمارهای مربوطه در زمان مورد نیاز انجام شد.

شبدر برسیم در مرحله شروع گلدهی (تقریباً ۱۰٪ گلدهی) و ریحان در مرحله ۵۰٪ گلدهی برداشت شد. برداشت در دو چین صورت گرفت. پس از برداشت، نمونه‌ها در آون به مدت ۷۲ ساعت خشکانده شده سپس با ترازو وزن شدند. برای اندازه‌گیری شاخص نسبت برابری زمین (LER) از معادله (۱) استفاده شد (Mead & Willey, 1980) که در آن Yab و Yba: به ترتیب عملکرد گونه‌های a وb در مخلوط و Yaa و Ybb: به ترتیب نشان‌دهنده عملکرد در کشت خالص گونه‌های a وb می‌باشند.

$$LER= (Yab/Yaa) + (Yba/Ybb)$$ معادله (۱)

داده‌ها قبل از تجزیه از لحاظ نرمال بودن بررسی و سپس تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.1 انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام شد و ترسیم شکل‌ها نیز با استفاده از نرم‌افزار Excel 2007 انجام گرفت.

نتایج و بحث

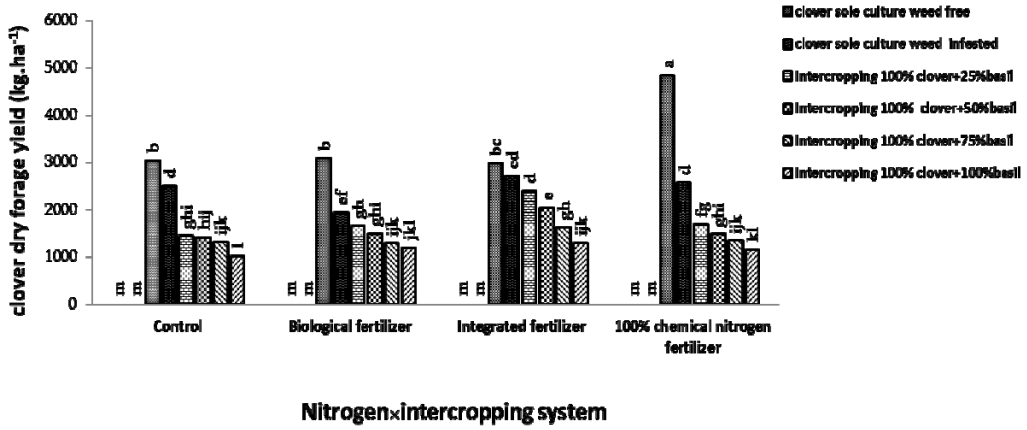
عملکرد شبدر

نوع کود نیتروژن، نوع سیستم کشت و اثر متقابل نوع کود × سیستم کشت از نظر آماری اثر معنی‌داری ($p\leq$ ۰/۰۱) بر این صفت داشتند (جدول ۲).

بیشترین عملکرد شبدر در دو چین (۱۶۲۶/۲۵ کیلوگرم در هکتار) از کود تلفیقی و کمترین مقدار (۱۳۲۶/۳۷ کیلوگرم در هکتار) از تیمار کود زیستی به دست آمد. کرامر و همکاران (Kramer et al., 2002) در آزمایشی دریافتند که علی‌رغم این‌که کل نیتروژن جذب شده در سیستم آلی کمتر از سیستم شیمیایی بود، ولی رهاسازی تدریجی نیتروژن از کود آلی باعث شد جذب نیتروژن تداوم بیشتری نسبت به کود شیمیایی داشته باشد. در نتیجه هم‌زمانی بهتری بین سرعت جذب و میزان نیتروژن قابل دسترس وجود داشته است که در نتیجه باعث بهبود عملکرد گردید. همچنین در تیمارهای سیستم کشت بیشترین عملکرد شبدر در دو چین (۳۴۸۳/۳۳ کیلوگرم در هکتار) از تیمار کشت خالص برسیم با وجین و کمترین مقدار آن (۱۱۵۶/۶۶ کیلوگرم در هکتار) از سیستم کشت شبدر برسیم + ۱۰۰٪ ریحان به دست آمد (جدول ۳).

در بین تیمارهای اثر متقابل نوع کود × سیستم کشت بیشترین عملکرد شبدر در دو چین (۴۸۳۳/۳۳ کیلوگرم در هکتار) از تیمار کشت شبدر برسیم با وجین در تیمار ۱۰۰٪ کود شیمیایی نیتروژن و کمترین مقدار (۱۰۰۳/۳۳ کیلوگرم در هکتار) تیمار سیستم کشت شبدر برسیم + ۱۰۰٪ ریحان در تیمار شاهد به دست‌آمد (شکل ۱). در کشت مخلوط گشنیز و شنبلیله، مقایسه میانگین‌های عملکرد بیولوژیک، در نسبت‌های مختلف کاشت نشان داد که در هر دو گیاه با جابجایی از تراکم‌های کمتر به سمت تراکم‌های بیشتر، عملکرد بیولوژیک افزایش می‌یابد. همچنین، مشاهده شد که رشد و عملکرد بیولوژیک یک گونه با افزایش تراکم گونه دیگر در کشت مخلوط کاهش پیدا می‌کند (Bigonah et al., 2011). در تمامی سطوح کودی عملکرد شبدر در تیمارهای با وجین بطور معنی‌داری بیش از

تیمار آلوده به علف‌های هرز بود، این مسئله مبین آن است کـه شـبدر بر خلاف ریحان در رقابت با علف‌های هرز موفق نبوده و علی‌رغم اثر نوع کـود، تحـت تـأثیر حضـور علـف‌هـای هـرز، عملکـرد آن بطـور معنی‌داری کاهش می‌یابد.



شکل۱- مقایسه اثر برهمکنش تیمارهای مختلف کودی و سیستم کشت بر عملکرد شبدر (مجموع دو چین)

Fig. 1- Interaction effect of nitrogen × intercropping system on clover forage yield

* وجود حداقل یک حرف مشترک نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است.

* Means followed by the same letters in each column are not significantly ($p \leq 0.05$) different according to Duncan's multiple range test.

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات کمی علوفه ریحان و شبدر در سیستم کشت مخلوط افزایشی

Table 2 –Analysis of variance of quantitative characteristics of forage basil and clover in additive intercropping systems

منابع تغییرات S. O. V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares		
		عملکرد علوفه خشک ریحان Basil dry forage yield	عملکرد علوفه خشک شبدر Clover dry forage yield	عملکرد علوفه خشک ریحان و شبدر Basil and clover dry forage yield
تکرار (R) Replication (R)	2	4.356	1.569	5.893
نوع کود (T) Fertilizer type (T)	3	135.156**	78.389**	231.129**
خطای اصلی Error a	6	5.214	2.097	5.246
سیستم کشت Intercropping system	7	8716.212**	5399.278**	647.274**
نوع کود * سیستم کشت Fertilizer type * intercropping system	21	31.842**	34.668**	56.209**
خطای فرعی Error b	56	4.695	3.070	6.765
ضریب تغییرات (٪) CV (%)	-	4.91	5.35	4.11

** : معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

**: significant at 1% probability level

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات کمی مورد مطالعه ریحان و شبدر در سیستم کشت و سیستم های مختلف کوددهی

Table 3- Mean comparisons of quantity traits in basil and clover intercropping in response to different fertilizing systems

تیمارها Treatments	عملکرد علوفه خشک ریحان (کیلوگرم در هکتار) Basil dry forage yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد علوفه خشک شبدر (کیلوگرم در هکتار) Clover dry forage yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد علوفه خشک ریحان و شبدر (کیلوگرم در هکتار) Basil and clover dry forage yield ($kg.ha^{-1}$)
شاهد بدون کود Control	2252.50c*	1335.83b	3588.50c
کود زیستی Biological fertilizer	2556.66b	1326.37b	3883.04b
کود تلفیقی Integrated fertilizer	2881.25a	1626.25a	4507.50a
کود شیمیایی نیتروژن (۱۰۰٪ کود اوره) Chemical nitrogen (%100 urea)	2686.66b	1629.16a	4315.83a
کشت خالص ریحان با وجین Basil sole culture weed free	3937.50a	0g	3937.50c
کشت خالص ریحان بدون وجین Basil sole culture weed infested	3537.50b	0g	3537.50d
کشت خالص شبدر برسیم با وجین Clover sole culture weed free	0e	3483.33a	3483.33d
کشت خالص شبدر برسیم بدون وجین Clover sole culture weed infested	0e	2424.41b	2424.41e
سیستم کشت شبدر برسیم ۱۰۰٪ + ۲۵٪ ریحان Intercropping system %100 clover + %25 basil	3550.0b	1384.16e	4934.16a
سیستم کشت شبدر برسیم ۱۰۰٪ + ۵۰٪ ریحان Intercropping system %100 clover + %50 basil	3180c	1596.66d	4777.50ab
سیستم کشت شبدر برسیم ۱۰۰٪ + ۷۵ ٪ ریحان Intercropping system %100 clover + %75 basil	2809.16d	1790.00c	4599.16b
سیستم کشت شبدر برسیم ۱۰۰٪ +۱۰۰ ٪ ریحان Intercropping system %100 clover + %100 basil	3739.16ab	1156.66f	4895.83a

*وجود حداقل یک حرف مشترک در هر ستون نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است.

*Means followed by the same letters in each column are not significantly ($p \leq 0.05$) different according to Duncan's multiple range test.

عملکرد ریحان

نوع کود، سیستم کشت و برهمکنش نوع کود × سیستم کشت اثر معنی‌داری ($p \leq ۰/۰۱$) بر عملکرد ریحان داشتند (جدول ۲). بیشترین عملکرد خشک ریحان از تیمار کود تلفیقی (۲۸۸۱/۲۵ کیلوگرم در هکتار) و کمترین مقدار آن در تیمار شاهد (۲۵۵۲/۵۰ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد که با نتایج تحقیقات یوسف و همکاران (Youssef et al., 2004) مبنی بر بهبود ویژگی‌های رشدی گیاه مریم‌گلی (*Salvia officinalis* L.) (ارتفاع بوته و عملکرد ماده خشک) تحت تأثیرکود زیستی حاوی *آزوسپیریلوم* و *ازتوباکتر* مطابقت دارد. پژوهشگران دیگری نیز در مورد تأثیر کود زیستی بر گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare* L.) به نتایج مشابهی دست یافته‌اند (Badran & Safwat, 2004). همچنین در تیمارهای کشت مخلوط

بیشترین عملکرد ریحان از تیمار کشت خالص ریحان با وجین (۳۹۳۷/۵۰ کیلوگرم در هکتار) و کمترین مقدار از کشت مخلوط شبدر برسیم + ۲۵٪ ریحان (۲۸۰۹/۱۶ کیلوگرم در هکتار) به دست‌آمد (جدول ۳). حسن‌زاده و همکاران (Hasanzadeh et al., 2010) گزارش کردند در کشت مخلوط مرزه (*Satureja hortensis* L.) و شبدر ایرانی (*Trifolium resupinatum* L.)، تیمارهای مختلف از نظر وزن خشک اندام رویشی اختلاف معنی‌داری داشتند ($p\leq$۰/۰۵). بیشترین عملکرد ریحان (۴۲۲۳/۳ کیلوگرم در هکتار) از تیمارکشت خالص ریحان با وجین × کود تلفیقی و کمترین مقدار (۲۱۵۳/۳۳ کیلوگرم در هکتار) در کشت مخلوط شبدر برسیم + ۲۵٪ ریحان × تیمار شاهد به دست آمد (شکل ۲).

با توجه به اینکه تقریباً در تمامی سطوح کودی مورد مطالعه عملکرد ریحان با علف‌هرز تفاوت معنی‌داری را نشان نمی‌دهد، می‌توان نتیجه گرفت که این گیاه قادر است به خودی خود با علف‌های هرز رقابت نموده و آنها را کنترل نماید و به پتانسیل عملکرد خود برسد. شایان ذکر است که عملکرد ریحان در کشت‌های مخلوط افزایشی (۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد) بطور نسبی در مقایسه با شاهد با علف هرز و بدون علف هرز، بسیار بالاتر از تراکم‌های ذکر شده در تیمار شاهد بود. بطوری که مقدار عملکرد آن در تیمار ۲۵ ٪ ریحان (C_{b25}) تقریبا برابر با ۵۰٪ عملکرد تیمار (B0) بود (جدول ۳). افزایش تراکم کشت ریحان در کشت مخلوط در سطوح بالاتر آن اگرچه عملکرد نسبی تولید علوفه این گیاه را افزایش داد، اما نرخ افزایش عملکرد این تراکم‌ها کمتر از سطوح ۲۵ و ۵۰ درصد بود. در کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و سویا، فرونشانی علف‌های هرز در کشت مخلوط افزایشی نسبت به جایگزینی بسیار موثرتر است؛ به طوری که بین کشت مخلوط جایگزینی و کشت خالص آن‌ها از نظر مقدار زیست‌توده علف‌های هرز تفاوتی مشاهده نشد؛ درصورتی که در کشت مخلوط افزایشی این دو گیاه زیست‌توده علف‌های هرز به طور معنی‌داری کاهش یافت (Gomez & Gurevitch, 2005).

عملکرد کل شبدر و ریحان در مجموع دو چین

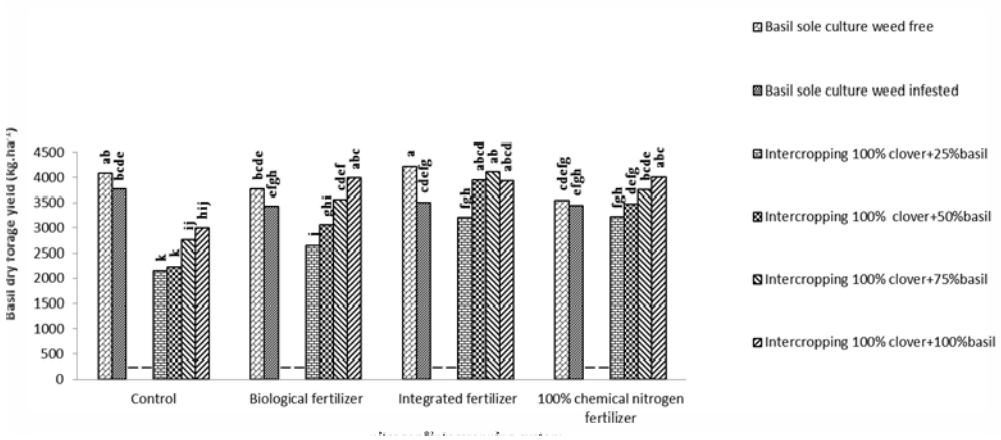
نوع کود، نوع سیستم کشت و اثر متقابل نوع کود × سیستم کشت از نظر آماری اختلاف معنی‌داری روی این صفت داشتند ($p\leq$ ۰/۰۱) (جدول ۲)، به طوری که در بین تیمارهای مختلف نوع کود بیشترین عملکرد ریحان و شبدر در دو چین از تیمار کود تلفیقی (۴۵۰۷/۵۰ کیلوگرم در هکتار) و کمترین مقدار از تیمار کود شاهد (۳۵۸۸/۵۰ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد. در آزمایشی، بیشترین عملکرد ریحان در کود تلفیقی حاصل شد (Kandeel et al., 2002). کود تلفیقی باعث افزایش عملکرد کل علوفه شد که احتمالاً دلیل آن تأثیر کودهای زیستی در قابل جذب‌کردن عناصر غذایی در خاک می‌باشد. این موضوع قبلاً توسط پژوهشگران دیگر روی سورگوم (*Sorghum bicolar* L.) مشاهده شده است (Sinai et al., 2004). وجود مقدار کمی منابع نیتروژن در خاک به عنوان نیاز پایه برای رشد باکتری و استقرار اولیه سیستم ریشه‌ای در لگوم‌ها و در نتیجه امکان تشکیل بیشتر سیستم همیاری مفید است. لیکن مقادیر بیش از حد نیتروژن بر همیاری و تثبیت نیتروژن اثر منفی دارد (Amooaghayi & Mostajeran, 2008).

همچنین در تیمارهای سیستم کشت بیشترین عملکرد ریحان و شبدر در دو چین از تیمار سیستم کشت شبدر برسیم + ۲۵٪ ریحان (۴۹۳۴/۱۶ کیلوگرم در هکتار) و کمترین مقدار از کشت خالص شبدر برسیم بدون وجین (۲۴۲۴/۴۱ کیلوگرم در هکتار) به دست‌آمد (جدول ۳). وست و گریفیت (West & Griffith, 1992) اظهار کردند در سیستم کشت دو گیاه مقدار عملکرد در واحد سطح نسبت به تک‌کشتی زیادتر می‌شود، در صورتی که ممکن است مقدار عملکرد گونه‌ای که قدرت رقابتی کمتری دارد کاهش یابد. در بین تیمارهای اثر متقابل نوع کود × سیستم کشت بیشترین عملکرد ریحان و شبدر در دو چین (۵۹۸۳/۳۳ کیلوگرم در هکتار) از تیمار سیستم کشت شبدر برسیم +۵۰ ٪ ریحان × کود تلفیقی نیتروژن و کمترین مقدار (۱۹۲۷/۶۶ کیلوگرم در هکتار) تیمار کشت خالص شبدر برسیم بدون وجین × تیمار کود زیستی به دست‌آمد (شکل ۳). این دستاوردها با نتایج بسیاری از محققان مبنی بر برتری روش‌های تلفیقی از نظر وزن خشک نسبت به روش‌های شیمیایی و آلی مطابقت دارد (Adediran, et al., 2004). قوش و همکاران (Ghosh et al., 2004) هم عملکرد بالاتری در سویا و سورگوم در سیستم تلفیقی نسبت به سیستم شیمیایی گزارش کردند.

مجموع عملکرد نسبی (RYT)

شاخص RYT یکی از مهمترین شاخص‌های مقایسه تیمارهای مختلف سیستم کشت مخلوط با یکدیگر و تعیین برتری این نوع نظام کشت در مقایسه با کشت خالص است. مقادیر RYT محصول علوفه

خشک شبدر و ریحان در سطوح ترکیب‌های مختلف سیستم کشت در جدول ۴ نشان داده شده است.

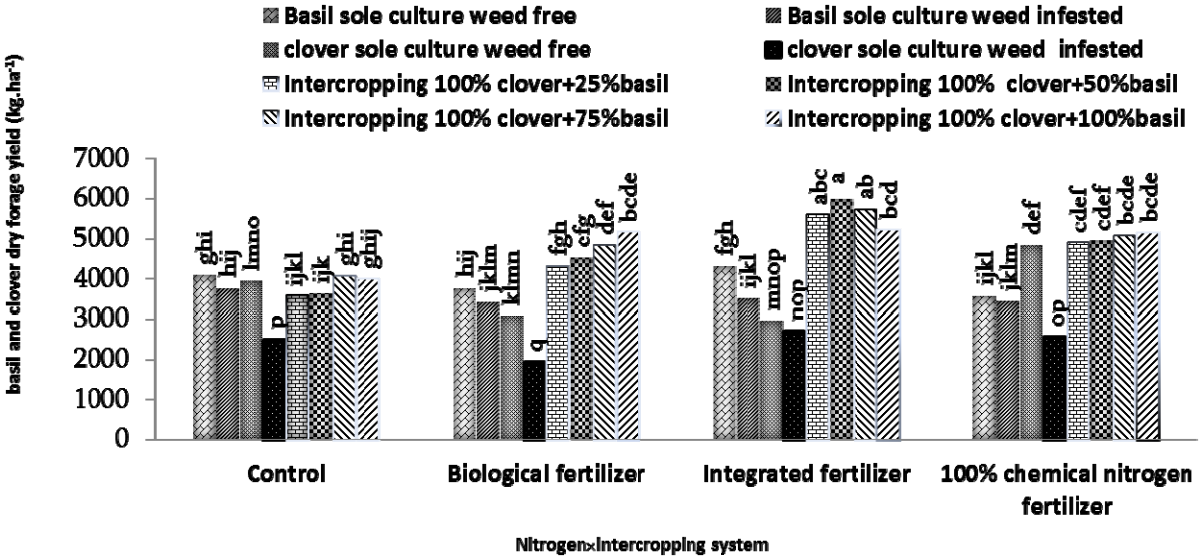


شکل ۲- مقایسه اثر برهمکنش تیمارهای مختلف کودی و سیستم کشت بر عملکرد ریحان (مجموع دو چین)

Fig. 2 –Interaction effect of nitrogen× intercropping system on basil forage yield

* وجود حداقل یک حرف مشترک نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است.

* Means followed by the same letters in each column are not significantly ($p \leq 0.05$) different according to Duncan's multiple range test.



شکل ۳- مقایسه اثر برهمکنش تیمارهای مختلف کودی و سیستم کشت بر عملکرد ریحان و شبدر (مجموع دو چین)

Fig. 3- Interaction effect of nitrogen × intercropping system on basil and clover forage yield

* وجود حداقل یک حرف مشترک نشان دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن است.

* Means followed by the same letters in each column are not significantly ($p \leq 0.05$) different according to Duncan's multiple range test.

بیشترین مقدار مجموع عملکرد نسبی (RYT=۱/۵۷۳) متعلق به کشت مخلوط افزایشی شبدر برسیم + ۷۵٪ ریحان و کمترین با (RYT=۱/۴۸) متعلق به تیمار مخلوط کشت مخلوط افزایشی شبدر برسیم + ۲۵٪ ریحان می‌باشد. چنگسیو و همکاران (Chengciu et al., 2004) در مطالعه‌ای روی تأثیر آرایش کشت و سطوح مختلف نوع کود در سیستم کشت نخود (*Cicer arietinum*) و جو

(*Hordeum vulgare* L.) دریافتند که سیستم کشت، باعث کارایی بیشتر استفاده از منابع رشد و کاهش استفاده از نوع کود شد. همچنین میزان RYT معادل ۱/۲۴ به دست آمد. هاگارد- نیلسن و ینسن (Hauggaard-Nielsen & Jensen, 2001) با بررسی سیستم کشت جو و نخود با رشد محدود دریافتند که در بیشتر ترکیبات مخلوط مجموع عملکرد نسبی بیش از ۱/۲۲ بود. زمانی که گندم (*Triticum aestivum* L.) با تراکمی بیش از پنج درصد تراکم توصیه شده و باقلا (*Vicia faba* L.) با تراکمی بیش از ۵۰ درصد تراکم توصیه شده کشت شدند، RYT مخلوط بطور معنی‌داری بیشتر از یک بود. حداکثر RYT به مقدار ۱/۲۹ زمانی بدست آمد که گندم و لوبیا با ۷۵ درصد تراکم توصیه شده کشت شدند (Bulson et al., 1997).

شدت رقابت (CR)

نتایج جدول ۴ نشان داد که بیشترین شدت رقابت برای ریحان مربوط به سیستم کشت شبدر برسیم + ۲۵٪ ریحان و برای شبدر از سیستم کشت شبدر برسیم + ۱۰۰٪ ریحان به دست آمد. بنابراین با توجه به این نتایج برای ریحان، سیستم کشت شبدر برسیم + ۱۰۰٪ ریحان به دلیل CR پایین و غالب بودن نسبت به شبدر، دارای عملکرد بیشتری بود و برای شبدر، سیستم کشت شبدر برسیم + ۲۵٪ ریحان، به دلیل CR پایین و غالب بودن، عملکرد بیشتری داشت. آگینو و همکاران (Agegnihu et al., 2006) گزارش کردند که در سیستم کشت جو با باقلا، جو گیاه غالب بود. ویلی (Willey, 1979) گزارش کرد، وقتی ضریب نسبی تراکم یک گونه بیشتر از یک شود، آن گونه دارای عملکرد بیشتری است.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که عملکرد علوفه خشک تحت‌تأثیر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط قرار می‌گیرد. محاسبه و ارزیابی شاخص‌های نظام کشت مخلوط از قبیل مجموع عملکرد نسبی و نسبت رقابت نشان داد که با استفاده از کود تلفیقی و سیستم کشت افزایشی شبدر برسیم با ریحان در تراکم ۱۰۰٪ شبدر + ۵۰ ٪ ریحان بیشترین مقدار علوفه کل به لحاظ وزنی و اقتصادی تولید می‌شود. این مسئله برتری نظام کشت مخلوط را نسبت به کشت خالص به اثبات می‌رساند. بر اساس نتایج این آزمایش به نظر می‌رسد که استفاده از کودهای تلفیقی می‌تواند جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی باشد. با توجه به اینکه در این تحقیق مبحث تولید علوفه‌دارو مد نظر می‌باشد، بنابراین، ضمن عنایت به افزایش عملکرد علوفه در واحد سطح، کیفیت آن به لحاظ داشتن خواص دارویی نیز مورد توجه است. به همین لحاظ به نظر می‌رسد که در کشت مخلوط گیاه علوفه‌ای شبدر برسیم با گیاه دارویی ریحان این مهم حاصل شده است.

منابع

Adediran, J.A., Taiwo, L.B., Akande, M.O., Sobulo, R.A., and Idowu, O.J. 2004. Application of organic and inorganic fertilizer for sustainable maize and cowpea yields in Nigeria. Journal of Plant Nutrition 27: 1163-1181.

Agegnehu, G., Ghizam, 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 25: 202-207.

Ajimoddin, I., Vasundhara, M., Radhakrishna, D., Biradar, S.L., and Rao, G.G.E. 2005. Integrated nutrient management studies in sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). Indian Perfume 49(1): 95-101.

Amooaghayi, R., and Mostajeran, A. 2008. Plant and Bacteria Symbiosis Systems. Isfahan University Publication, Isfahan, Iran 237 pp. (In Persian)

Badran, F.S., and Safwat, M.S. 2004. Response of fennel plants to organic manure and bio-fertilizers in replacement of chemical fertilization. Egyptian Journal of Agriculture Research 82: 247-256.

Banchio, E., Xie, X., Zhang, H., and Pare, W.P. 2009. Soil bacteria elevate essential oil accumulation and emissions in sweet basil. Journal of Agricultural and Food Chemistry 57: 653–657.

Bigonah, R. 2011. Effect of fenugreek and cardamom on quality and quantity forage in intercropping system. MSc thesis, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Summary)

Bulson, H.A.J., Snaydon, R.W., and Stopes, C.E. 1997. Effects of plant density on intercropped wheat and field beans in an organic farming system. Journal of Agricultural Science 128: 59-71.

Chengciu, C., Malvern, W., Karves, N., David, W., and Martha, K. 2004. Row configuration and nitrogen

application for barley-pea intercropping in Montana. Agronomy Journal 96: 730-1738.

Clark, A. 2007. Managing Cover Crops Profitably. Third edition. Sustainable Agriculture Network, Beltsville, MD. USA. p. 118-224

Devaraj, P. 2004. Biomass and nutrient distribution and their return of *Casuarina equisetifolia* inoculated with biofertilizers in farm land. Biomass and Bioenergy 26: 35-249.

Federer, W.T. 1993. Statistical design and analysis for intercropping experiment, Two Crops. Springer Verlag INC. 182 pp.

Ghosh, P.K., Ramesh, P., Bandyopadhyay, K.K., Hati, K.M., and Misra, A.K. 2004. Comparative effectiveness of cattle manure, poultry manure, phosphocompost and fertilizer-NPK on three cropping systems in vertisols of semi-arid tropics. Crop yield and system performance. Bioresource Technology 95: 77-83.

Gomez, P., and Gurevitch, J. 2005. Weed community responses in a corn-soybean intercrop. Opulus Press 1: 281-288.

Hasan Zadeh Aval, F., Koocheki, A., Khazaie, H.R., and Nassiri Mahallati, M. 2010. Effect of plant density on growth characteristics and yield of summer savory (*Satureja hortensis* L.) and Persian clover (*Trifolium resupinatum* L.) Intercropping. Iranian Journal of Field Crops Research 8(6): 920-929. (In Persian with English Summary)

Hauggaard-Nielsen, H., and Jensen, E.S. 2001. Evaluating pea and barley cultivars for complementarity in intercropping at different levels of soil N availability. Field Crops Research 72: 185-196.

Hauggaard-Nielsen, H., and Nikolajsen, J.T. 2005. Intercropping with cereals for weed management in grain legumes. Weed Research. Available at: www.orgprints.org /4051/.

Kandeel, A.M., Naglaa, S.A.T., and Sadek, A.A. 2002. Effect of biofertilizers on the growth, volatile oil yield and chemical composition of *Ocimum basilicum* L. plant. Annals of Agricultural Science 47(1): 351–371.

Kramer, A.W., Timothy, A.D., Horwath, W.R., and Kessel, C.V. 2002. Combining fertilizer and organic input to synchronize N supply in alternative cropping systems in California. Agriculture, Ecosystems and Environment 91: 233-243.

Maffei, M., and Mucciarelli, M. 2003. Essential oil yield in peppermint/ soybean strip intercropping. Field Crops research 84(3): 229-240.

Mazaheri, D. 1998. Intercropping. University of Tehran Press, Tehran, Iran 262 pp. (In Persian)

Mead, R., and Willy, R.W. 1980. The concept of a 'Land Equivalent Ratio' and advantages in yields from intercropping. Experimental Agriculture 16: 217-28.

Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Rezvani Moghadam, P., and Beheshti, A. 2001. Agroecology. Ferdowsi University Press, Mashhad, Iran p.15. (In Persian)

Pandita, A.K., Saha, M.H., and Bali, A.S. 2000. Effect of row ratio in cereal-legume intercropping systems on productivity and competition functions under Kashmir condition. Indian Journal of Agronomy 45: 48-53.

Putnam, D.H., and Allan, D.L. 1992. Mechanisms for over yielding in a sunflower-mustard intercrop. Agronomy Journal 84: 188-195.

Sinai, V.K., Bhandari, S.C., and Tarafdar, J.C. 2004. Comparison of crop yield, soil microbial C. N and P, N-fixation, nodulation and mycorrhizal infection in inoculated and non-inoculated sorghum and chickpea crops. Field Crops Research 89: 39-47.

Somasegaran, P., and Hoben, H.J. 1994. Hand Book for Rhizobia: Methods in legume-Rhizobium Technology. New York. Springer-Verlag, USA.

Vessey, J.K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. Plant and Soil 255: 571-586.

Vinutha, T. 2005. Biochemical studies on *Ocimum* sp. inoculated with microbial inoculants. MSc Thesis, University of Agricultural Sciences, Bangalore, India.

West, T.D., and Griffith, D.R. 1992. Effect of strip cropping corn and soybean on yield and profit. Journal of Production Agriculture 5: 107-110.

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

Willey, R.W., 1979. Intercropping its importance and research needs. Part I competition and yield advantages. Field Crops Abstracts 32: 1-10.

Wu, S.C., Caob, Z.H., Lib, Z.G., Cheunga, K.C., and Wong, M.H. 2005. Effects of biofertilizer Containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. Geoderma 125: 155–166.

Yazdani, D., Shahnazi, S., and Seifi, M. 2004. Medicinal Plants Cultivation and harvesting. Jihad Daneshgahi of Mashhad Publication, Mashhad, Iran 180 pp. (In Persian)

Youssef, A.A., Edri, A.E., and Gomaa, A.M. 2004. A comparative study between some plant growth regulators and certain growth hormones producing microorganisms on growth and essential oil composition of *Salvia officinalis* L. Plant Annals of Agricultural Science 49: 299-311.