نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۲، شماره ۳ ، پاییز ۱۳۹۳، ص. ۳۷۷-۳۶۹

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 12, No. 3, Fall. 2014, p. 369-377

تأثیر کشت مخلوط بر عملکرد بیولوژیک، درصد نیتروژن و خصوصیات مورفولوژیک گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) و شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.)

ریحانه بیگناه [۱]- پرویز رضوانی مقدم [۲*]- محسن جهان [۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۳/۲۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۰/۱۱

چکیده

به منظور بررسی ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط گشنیز و شنبلیله آزمایشی در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل: کشت خالص شنبلیله (A)، ۲۵٪ تراکم مطلوب گشنیز + ۱۷۵٪ تراکم مطلوب شنبلیله (B)، ۵۰٪ تراکم مطلوب گشنیز +۱۵۰٪ تراکم مطلوب شنبلیله (C)، ۷۵٪ تراکم مطلوب گشنیز +۱۲۵٪ تراکم مطلوب شنبلیله (D)، ۱۰۰٪ تراکم مطلوب گشنیز + ۱۰۰٪ تراکم مطلوب شنبلیله (E)، کشت خالص گشنیز (F)،۱۲۵٪ تراکم مطلوب گشنیز + ۷۵٪ تراکم مطلوب شنبلیله (G)، ۱۵۰٪ تراکم مطلوب گشنیز + ۵۰٪ تراکم مطلوب شنبلیله (H)، ۱۷۵٪ تراکم مطلوب گشنیز + ۲۵٪ تراکم مطلوب شنبلیله (I) بود. برداشت عملکرد بیولوژیک گشنیز در ۵٪ و در شنبلیله در ۲۰٪ گلدهی گیاهان صورت گرفت. نتایج آزمایش نشان دادند که تیمار B بیشترین ارتفاع و عملکرد بیولوژیک شنبلیله، بیشترین نسبت برابری زمین کلی، کمترین درصد اسانس، عملکرد اسانس و عملکرد بیولوژِیک گیاه گشنیز را به خود اختصاص داد. بیشترین ارتفاع، عملکرد بیولوژیک، درصد و عملکرد اسانس گیاه گشنیز و کمترین عملکرد بیولوژیک گیاه شنبلیله در تیمار I مشاهده شد. بیشترین درصد نیتروژن زیست توده در گیاه شنبلیله و گشنیز به ترتیب در تیمارهای A و E مشاهده شدند.

واژه‌های کلیدی: اسانس، نسبت برابری زمین، عملکرد بیولوژیک

مقدمه

سیستم‌های کشاورزی رایج به گونه‌ای طراحی شده‌اند که تنوع گیاهی موجود را به حداقل ممکن کاهش داده‌اند و باعث بی‌ثباتی عملکرد اقتصادی، افزایش خسارت آفات و بیماریها و کاهش کیفیت محصولات زراعی به ویژه گیاهان دارویی شده‌اند (۲۰). از آنجایی که در این سیستم‌ها، تولید غذا متضمن ورود انرژی‌های غیر قابل تجدید فراوانی به مزرعه است، نمی‌تواند جوابگوی نسلهای آینده باشد. علاوه بر آن، باید این نکته را مد نظر داشت که پایداری هر بوم نظام ارتباط مستقیمی با موجودات زنده آن دارد (۳۱). یکی از مهمترین راهها برای افزایش تنوع در یک اکوسیستم زراعی رشد دو یا چند محصول به صورت توأم در مخلوط است که خود، امکان برقراری روابط متقابل بین محصولات مختلف را فراهم می‌سازد (۲۸) و موجب افزایش عملکرد در واحد سطح، استفاده کارآمدتر از منابع، کاهش مشکلات آفات، افزایش ثبات نظام و تغذیه مطلوب‌تر انسان و دام می‌شود (۷). کشت مخلوط گیاهان تیره‌ی لگومینوز با گیاهان دیگر علاوه بر استفاده بهینه از زمین، موجب حاصلخیزی خاک می‌شود. در این سیستم کاشت، نیتروژن تثبیت شده بوسیله لگوم‌ها به گیاهان همراه آنها منتقل می‌شود و می تواند به پایداری عملکرد در کشاورزی کم نهاده کمک کند (۱۲).

شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) گیاهی است دارویی، از تیره‌ی لگومینوز که قادر به تثبیت زیستی نیتروژن است. این گیاه در درمان بیماریهایی مانند دیابت، یبوست، سوءهاضمه و کاهش کلسترول خون کاربرد دارد(۳۰).

گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) نیز گیاهی است دارویی از تیره‌ی چتریان، که میوه و اندام رویشی آن حاوی اسانس است. این گیاه اشتهاآور، ضدنفخ، هضم‌کننده‌غذا، تسکین‌دهنده اعصاب و دردهای رماتیسمی (۵) و کاهنده قندخون (۱۶) است.

نتایج آزمایشات مختلف حاکی از سودمندیهای کشت مخلوط نسبت به تک کشتی است. رودریگوئز و همکاران (۲۶) گزارش کردند که در کشت مخلوط جعفری (*Petroselinum sativum* Hoffm)

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استاد و استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: rezvani@ferdowsi.um.ac.ir)

و گوجه‌فرنگی (*Lycopersicum esculentum* Mill.) بیماری بلایت زودرس گوجه فرنگی به طور معنی‌داری کاهش یافت. در بررسی که روی کشت مخلوط نعناع (*Mentha Piperita* L.) و شمعدانی معطر (*Pelargonium species*) انجام شد، مشاهده گردید که زیست توده علفهای هرز در مقایسه با کشت خالص حدود ۴۰درصد کاهش می یابد (۲۵). در کشت مخلوط شنبلیله با باقلا (*Vicia faba* L.) و عدس (*Lens culinaris* L.) مشاهده شد که تراکم گل جالیز به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. محققان دلیل این امر را به ترشح مواد آللوپاتیک از ریشه گیاه شنبلیله و تأثیر آن بر گل جالیز ذکر کردند (۱۸). بررسی در مورد آرایشهای مختلف کشت مخلوط زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) و عدس (*Lens culinaris* L.) نشان داد که عملکرد زیره سبز در کشت مخلوط ردیفی در مقایسه با تیمارهای دیگر مخلوط و کشت خالص بیشتر می‌شود (۳). همچنین، در کشت مخلوط زیره سبز و نخود (*Cicer arietinum* L.) مشاهده شد که کشت مخلوط موجب افزایش عملکرد زیره سبز می‌شود ولی عملکرد نخود با کاهش نسبت تراکم به صورت خطی کاهش می‌یابد (۶). مافی و ماکسیاریل (۲۲) گزارش کردند که در کشت مخلوط سویا و نعناع، عملکرد و کیفیت نعناع در مقایسه با کشت خالص افزایش می‌یابد. در آزمایشی که در دو سال متمادی از سال ۲۰۰۰–۱۹۹۸ بر روی کشت مخلوط نخود با سبزیجات زمستانی مانند کلم پیچ (*Brassica oleracea* L. *var capitata*)، تربچه (*Raphanus sativus* L.)، منداب (*Eruca sativa* Lam.)، اسفناج (*Spinacia oleracea* L.)، کاهو (*Lactuca sativa* L.)، سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) و گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) انجام شد، مشاهده گردید که بیشترین عملکرد نخود در کشت مخلوط در سال اول از مخلوط نخود و گشنیز و در سال دوم از مخلوط نخود و سیب زمینی بدست آمد. همچنین مشاهده شد که کشت مخلوط کاهو و نخود در هر دو سال موجب ایجاد بیشترین ارتفاع در گیاه نخود می‌شود (۲۱). پراساد و همکاران (۲۴) گزارش کردند که کشت مخلوط سیب زمینی با شنبلیله سبب افزایش سود حاصل از زمین می‌شود. در کشت مخلوط فلفل (*Capsicum annuum* L.) و سیر (*Allium sativum* L.) نیز بیشترین نسبت برگشت سرمایه و بیشترین سود خالص از کشت مخلوط این دو گیاه و کمترین برگشت سرمایه و کمترین سود خالص از کشت خالص فلفل بدست آمد (۲۹).

تراکم در واحد سطح از جمله عواملی است که می تواند توان رقابتی گیاهان در کشت مخلوط را در جذب نور، آب و مواد غذایی تحت تأثیر قرار دهد و موجب افزایش سودمندی کشت مخلوط گردد. این تحقیق با هدف ارزیابی تأثیر نسبت‌های اختلاط شنبلیله و گشنیز بر خصوصیات کمی و کیفی این دو گیاه انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور مطالعه اثر کشت مخلوط گشنیز و شنبلیله بر برخی خصوصیات کمی و کیفی این دو گیاه دارویی آزمایشی در سال زراعی ۸۹–۱۳۸۸ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل: کشت خالص شنبلیله (A)، ۲۵٪ تراکم مطلوب گشنیز + ۱۷۵٪ تراکم مطلوب شنبلیله (B)، ۵۰٪ تراکم مطلوب گشنیز +۱۵۰٪ تراکم مطلوب شنبلیله (C)، ۷۵٪ تراکم مطلوب گشنیز +۱۲۵٪ تراکم مطلوب شنبلیله (D)، ۱۰۰٪ تراکم مطلوب گشنیز + ۱۰۰٪ تراکم مطلوب شنبلیله (E)، کشت خالص گشنیز (F)، ۱۲۵٪ تراکم مطلوب گشنیز + ۷۵٪ تراکم مطلوب شنبلیله (G)، ۱۵۰٪ تراکم مطلوب گشنیز + ۵۰٪ تراکم مطلوب شنبلیله (H)، ۱۷۵٪ تراکم مطلوب گشنیز + ۲۵٪ تراکم مطلوب شنبلیله (I) بود. قبل از اجرای طرح با برداشت نمونه‌های خاک از عمق صفر تا سی سانتی‌متری، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک تعیین شد (جدول۱). جهت بهبود خصوصیات خاک، مقدار ۳۰ تن در هکتار کود گاوی کاملاً پوسیده به طور یکنواخت توسط کود پاش دامی در سطح زمین مورد آزمایش پخش شد. جدول ۲ تجزیه شیمیایی کود گاوی را نشان می‌دهد. بعد از آن کرت‌هایی با ابعاد ۳ در ۲ متر ایجاد و در داخل هرکرت ۵ ردیف برای کاشت در نظر گرفته شد. فاصله کرت ها از یکدیگر ۰/۶ و فاصله بلوک ها از یکدیگر ۱ متر بود. کاشت گیاهان به صورت همزمان در تاریخ ۱۳۸۸/۱۲/۱۱ در دو طرف پشته و در ردیف‌هایی به فاصله ۶۰ سانتی متر انجام شد. بلافاصله پس از کاشت بارندگی شدیدی رخ داد و نیاز آبی اولیه گیاهان را مرتفع ساخت، بعد از آن آبیاری زمین هر هفت روز یکبار به روش نشتی انجام گرفت. در مرحله ۶ برگی، گیاهان با تراکم مطلوب ۴۰ بوته در متر مربع برای گشنیز و ۵۰ بوته در متر مربع برای شنبلیله تنک شدند. وجین علف‌های‌هرز در ۴ مرحله پس از کاشت به روش دستی انجام گرفت. در طول اجرای آزمایش هیچ نوع کود شیمیایی، علف‌کش و یا آفت‌کشی استفاده نشد. برداشت عملکرد بیولوژیک گشنیز در ۵درصد گلدهی و شنبلیله در ۲۰درصد گلدهی با حذف دو ردیف کناری و ۲۵ سانتی‌متر از ابتدا و انتهای کرت به عنوان اثر حاشیه‌ای صورت گرفت. قبل از برداشت ۵ بوته از هر گیاه انتخاب و ارتفاع گیاه، تعداد شاخه‌های جانبی و وزن خشک برگ در تیمارهای مختلف اندازه‌گیری شد. اندازه گیری عملکرد در هر کرت به طور جداگانه انجام شد و ۵۰۰ گرم از گشنیز جمع آوری شده از هر کرت، در سایه خشک گردید، سپس درصد اسانس ۵۰ گرم از برگهای خشک شده‌ی آن با کمک دستگاه کلونجر به روش تقطیر با بخار آب تعیین شد.

جدول۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه قبل از کاشت

بافت خاک	اسیدیته خاک	هدایت الکتریکی ($dS\ m^{-1}$)	نیتروژن کل T.N. (%)	فسفر P(ppm)	پتاسیم K(ppm)
سیلتی لومی	۷/۴۹	۱/۵	۰/۰۸	۲۲/۹۷	۱۲۵/۵

جدول ۲- مشخصات کود گاوی مورد استفاده در آزمایش

هدایت الکتریکی ($dS\ m^{-1}$)	اسیدیته	پتاسیم (٪)	فسفر(٪)	نیتروژن (٪)
۶	۶/۰۷	۱/۲	۰/۱	۰/۸۹

پس از ۴ ساعت اسانس گیری، اسانس حاصل که به رنگ زرد روشن بود، جمع‌آوری و در ظروف شیشه‌ای در بسته در یخچال با دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. همچنین مقدار ۱ گرم از وزن خشک اندام‌های هوایی آسیاب شده گشنیز و شنبلیله برداشت شد و درصد نیتروژن آنها به کمک دستگاه میکرو کجلدال تعیین گردید.

برای محاسبه نسبت برابری زمین از رابطه $LER=\sum ypi/ymi$ استفاده شد. دراین رابطهypi عملکرد هر محصول در کشت مخلوط و ymi عملکرد هر محصول در کشت خالص است.

تجزیه داده‌ها براساس طرح آماری مورد استفاده، توسط نرم‌افزار SAS، مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد و رسم نمودارها توسط نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

تاثیر تیمارهای مختلف کشت مخلوط بر ارتفاع هر دو گیاه گشنیز و شنبلیله معنی‌دار ($p\leq ۰/۰۱$) بود (جدول ۳). بیشترین ارتفاع بوته در گیاه گشنیز در تیمار I (۱۷۵٪ تراکم مطلوب گشنیز + ۲۵٪ تراکم مطلوب شنبلیله) و کمترین آن در تیمارB (۲۵٪ تراکم مطلوب گشنیز + ۱۷۵٪ تراکم مطلوب شنبلیله) و E (۱۰۰٪ تراکم مطلوب گشنیز + ۱۰۰٪ تراکم مطلوب شنبلیله) مشاهده شد. تیمارهای G (۱۲۵٪ تراکم مطلوب گشنیز + ۷۵٪ تراکم مطلوب شنبلیله) و B به ترتیب کمترین و بیشترین ارتفاع بوته شنبلیله را به خود اختصاص دادند (جدول ۴). همانطوری که مشاهده می‌شود هر جا از رقابت درون‌گونه‌ای و یا برون‌گونه‌ای در جهت کسب نور کاسته می‌شود، ارتفاع گیاه نیز کاهش می‌یابد. در تفسیر نتایج حاصل از آزمایش می‌توان گفت، ارتفاع بوته با اجزای اصلی آن یعنی فاصله میانگره و تعداد گره بیان می‌شود. از آنجایی که تعداد گره تحت تأثیر تراکم و عوامل مدیریت زراعی اختلاف معنی‌داری را نشان نمی‌دهد و بیشتر تابع عوامل ژنتیکی است، بنابراین اختلاف ارتفاع، از اختلاف در طول میانگره‌ها ناشی می‌شود (۱۵). در کل چنین به نظر می‌رسد که در تراکم‌های بالا با افزایش رقابت درون گونه‌ای طول میانگره‌ها زیاد می‌شود و به تبع آن ارتفاع گیاه در تراکم‌های بالا افزایش می‌یابد. به طور کلی، نور اثر بارزی بر روی رشد ساقه دارد و تراکم بالا موجب ایجاد شرایطی مشابه تاریکی می شود. به نظر می‌رسد که اثر سایه به زیادتر شدن اکسین مربوط است و احتمال دارد که توأم با جیبرلین این اثر تشدید شود (۴). در آزمایشی که بر روی کشت مخلوط گواوا با گیاهان پوششی یونجه (*Medicago sativa*)، شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.)و لوبیای علوفه‌ای *(Lablab purpureus)* انجام شد نتایج نشان داد که بیشترین ارتفاع گیاه گواوا (*Psidium guajava*) از کشت مخلوط این گیاه با شنبلیله حاصل شد (۱۰).

تعداد شاخه‌های جانبی

تأثیر تیمارهای مختلف کشت مخلوط بر تعداد شاخه‌های جانبی هر دو گیاه معنی‌دار ($p\leq ۰/۰۱$) بود (جدول ۳). بیشترین تعداد شاخه جانبی در گیاهان گشنیز و شنبلیله به ترتیب در تیمارهای B (۲۵٪ تراکم مطلوب گشنیز + ۱۷۵٪ تراکم مطلوب شنبلیله) و I (۱۷۵٪ تراکم مطلوب گشنیز + ۲۵٪ تراکم مطلوب شنبلیله) و کمترین آن در این دو گیاه به ترتیب در تیمار H و A مشاهده شد (جدول ۴). لازم به ذکر است که در گیاه شنبلیله تعداد شاخه‌های جانبی تیمار H و I از لحاظ آماری با یکدیگر اختلاف معنی‌داری را نداشتند. به نظر می‌رسد که در آرایشهای کاشتی که در آنها گیاه از فضای بیشتری برخوردار بوده است، گیاه با دریافت نور بیشتر جهت افزایش تعداد شاخه‌های جانبی بیشتر تحریک شده است و در آرایشهای کاشت فشرده تر به دلیل نبود نور کافی تحریک لازم جهت شاخه‌دهی صورت نگرفته است و در نتیجه ارتفاع گیاه افزایش و تعداد شاخه‌های جانبی آن کاهش پیدا کرده است (۴). در بررسی که روی کشت مخلوط زنیان (*Carum copticum*) و شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) انجام شد مشاهده گردید که تیمارهای کاشت تأثیر معنی‌داری بر روی تعداد شاخه‌های جانبی زنیان داشتند. در این آزمایش زنیان در کشت مخلوط تک ردیفی بیشترین و در تک کشتی کمترین تعداد شاخه جانبی را داشت (۸).

جدول۳- جدول تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی صفات مورد مطالعه در گشنیز و شنبلیله

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع گشنیز	ارتفاع شنبلیله	تعداد شاخه جانبی گشنیز	تعداد شاخه جانبی شنبلیله	درصد نیتروژن زیست توده گشنیز	درصد نیتروژن زیست توده شنبلیله
تیمار	۲	۸۱/۴۸**	۳۵/۱۸**	۱/۶۱**	۳/۲۱ns	۰/۳۹*	۰/۴۴*
بلوک	۷	۶۴/۵۶ns	۱۴/۸۸**	۰/۱۶ns	۱/۰۴**	۰/۰۳ns	۰/۱۶ns
خطا	۱۴	۲۰/۵۵	۲/۲۲	۰/۳	۰/۳۷	۰/۰۹	۰/۳۵
ضریب تغییرات	–	۱۱/۱۲	۹/۷۶	۱۵/۹۵	۱۱/۳	۲۴/۳۶	۱۶/۸۸

**– معنی داری در سطح ۱٪ ، *– معنی داری در سطح ۵٪ و ns– غیر معنی دار

جدول ٤- تأثیر تیمارهای کشت مخلوط بر ارتفاع، تعداد شاخه جانبی و درصد نیتروژن زیست توده گشنیز و شنبلیله

تیمار	ارتفاع گشنیز (cm)	ارتفاع شنبلیله (cm)	تعداد شاخه جانبی گشنیز	تعداد شاخه جانبی شنبلیله	درصد نیتروژن گشنیز	درصد نیتروژن شنبلیله
A	_	۱۴/۱ bc	_	۴ d		۴/۰۶ a
B	۳۵/۹۲ c	۱۹۳/۳۳a	۸/۳۳ a	۵dc	۰/۹۲ b	۳/۷۲ ab
C	۳۸/۱۳ bc	۱۸/۸۶ a	۷ bc	۵/۶۶ bc	۱/۱۹ b	۳/۷۵ab
D	۳۹/۰۳ bc	۱۸/۳۶ a	۷/۳۳ab	۴/۶۶ dc	۱/۱۴ b	۳/۶۵ ab
E	۳۵/۶۶ c	۱۶/۷ ab	۶/۳۳ bcd	۴/۶۶dc	۲/۱۴a	۳/۷۷ ab
F	۵۶/۸۶ ab	_	۵/۶۶ cd	_	۱/۲۳ b	_
G	۳۷.۴۳ bc	۱۱/۲۶ d	۶ bcd	۵/۶۶ bc	۱/۳ b	۳/۳۷ ab
H	۴۴/۰۳ abc	۱۱/۸ dc	۵/۳۳ d	۶/۶۶ ab	۱/۲ b	۳/۱۵ ab
I	۴۹/۸۶ a	۱۱/۸۶ dc	۶ bcd	۷ a	۱/۱۸ b	۲/۸۶ b

در هر ستون اعداد برخوردار از حروف مشترک در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی داری ندارند.

کشت خالص شنبلیله (A)، ۲۵٪ تراکم مطلوب گشنیز+۱۷۵٪ تراکم مطلوب شنبلیله(B)، ۵۰٪ تراکم مطلوب گشنیز+۱۵۰٪تراکم مطلوب شنبلیله(C)، ۷۵٪ تراکم مطلوب گشنیز+۱۲۵٪ تراکم مطلوب شنبلیله(D)، ۱۰۰٪ تراکم مطلوب گشنیز+۱۰۰٪ تراکم مطلوب شنبلیله (E)،کشت خالص گشنیز (F)، ۱۲۵٪ تراکم مطلوب گشنیز+۷۵٪ تراکم مطلوب شنبلیله (G)، ۱۵۰٪ تراکم مطلوب گشنیز+۵۰٪تراکم مطلوب شنبلیله (H)، ۱۷۵٪ تراکم مطلوب گشنیز+۲۵٪تراکم مطلوب شنبلیله (I).

در کشت مخلوط کنجد (*Sesamus indicum* L.) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) نیز بیشترین تعداد شاخه جانبی کنجد از کشت مخلوط تک ردیفی و کمترین آن از تک کشتی کنجد حاصل شد (۱). حسین و همکاران (۲۱) نیز گزارش کردند که در کشت مخلوط نخود با سبزیجات زمستانی که در دو سال پیاپی انجام شد، بیشترین شاخه جانبی گیاه نخود در هر دو سال از کشت مخلوط این گیاه با گشنیز بدست آمد.

درصد نیتروژن زیست توده

نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که در گیاه شنبلیله تنها بین تیمار I با سایر تیمارها از لحاظ آماری درصد نیتروژن اختلاف معنی‌دار ($p\leq ۰/۰۵$) وجود داشت (جدول ۳). بیشترین درصد نیتروژن در تیمار A کمترین آن در تیمار I (۱۷۵٪ تراکم مطلوب گشنیز + ۲۵٪ تراکم مطلوب شنبلیله) مشاهده شد (جدول ۴). به نظر می‌رسد که گیاهان تیمار A به علت قرار گرفتن در تراکم مطلوب خود تشکیل گره و تثبیت نیتروژن را بهتر از گیاهان موجود در دیگر تیمارها انجام داده اند. درصد نیتروژن زیست توده گشنیز نیز مورد ارزیابی قرار گرفت و نتایج نشان داد که تیمار E با ۲/۱۴درصد بیشترین درصد نیتروژن زیست توده گشنیز را در برداشت (جدول ۴). این مقدار با درصد نیتروژن بقیه تیمارها اختلاف معنی‌داری ($p\leq ۰/۰۵$) داشت (جدول ۳). در بین تیمارهای مختلف کشت مخلوط تیمار B (۲۵٪ تراکم مطلوب گشنیز + ۱۷۵٪ تراکم مطلوب شنبلیله) کمترین تأثیر را بر درصد نیتروژن زیست توده گیاه گشنیز داشت. در سیستمهای کشت مخلوط، فاصله بین ریشه لگوم و غیر لگوم در انتقال نیتروژن تثبیت شده توسط لگوم‌ها از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (۱۹). در این راستا چوجو و دایمون (۱۷) در ارزیابی کشت مخلوط بقولات و علفهای چمنی گزارش کردند وقتی بقولات و چچم‌ها در گلدان کشت می‌شوند ریشه آنها به یکدیگر می‌پیچند و ترکیبات نیتروژنه آزاد شده توسط گره‌ها و ریشه‌های بقولات به سرعت به وسیله علف‌های چمنی جذب می‌شود. آبراهام و سینگ (۹) گزارش کردند کشت مخلوط ردیفی ۴ گونه بقولات یکساله شامل لوبیا چشم بلبلی علوفه‌ای، لوبیا چشم بلبلی دانه‌ای (*Vigna*

Vigna radiata (L.) Walp *unguiculata*)، ماش (L.)Welczek) و سویا (*Glycine max* (L.) Merrill) با سورگوم (*Sorghum bicolor* (L.) Noeech) موجب افزایش محتوی نیتروژن سورگوم نسبت به کشت خالص آن می‌شود. در بررسی دیگری که بر روی کشت مخلوط گواوا با گیاهان پوششی (یونجه، شنبلیله و لوبیای علوفه‌ای) انجام شد. نتایج نشان داد بیشترین درصد نیتروژن برگ (۲/۲درصد) در گیاه گواوا از کشت مخلوط این گیاه با شنبلیله حاصل شد (۱۰) .

عملکرد بیولوژیک

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس دو گیاه نشان داد که عملکرد بیولوژیک آنها تحت تاثیر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار است (جدول۵). بیشترین عملکرد بیولوژیک در گیاه گشنیز و شنبلیله به ترتیب در تیمارهای I (۱۷۵٪ تراکم مطلوب گشنیز + ۲۵٪ تراکم مطلوب شنبلیله) و B (۲۵٪ تراکم مطلوب گشنیز + ۱۷۵٪ تراکم مطلوب شنبلیله) و کمترین آن به ترتیب در تیمارهای B و I مشاهده شد (جدول ۶). به نظر می‌رسد که 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 تک کشتی آنها شده است. مقایسه میانگین‌های عملکرد بیولوژیک، در نسبت های 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. در آزمایشی که بر روی کشت مخلوط تربچه (*Raphanus sativus* L.) و تاج خروس (*Amaranthus tricolor* L.) انجام شد نتایج نشان داد که بیشترین وزن تر گیاه تربچه از کشت خالص آن بدست می‌آید (۱۴). مافی و ماکسیاریل (۲۲) گزارش کردند که در کشت مخلوط نواری نعناع (*Mentha piperita* L.) و سویا (*Glycine max* (L.) Merrill)عملکرد نعناع ۵۰درصد بیشتر از کشت خالص نعناع می‌شود. نتایج تحقیقات بنی صدر و بازگشا (۲) نیز نشان داد که کشت مخلوط ۷۵درصد بذر شبدر برسیم (*Trifulium alexandrinum* L.) با ۲۵درصد بذر چچم پر گل (*Lulium multiflorum*) بیشترین عملکرد علوفه تر را دارا بود. آل- کواراشی (۱۰) گزارش کرد در کشت مخلوط گواوا با گیاهان پوششی (یونجه، شنبلیله و لوبیای علوفه‌ای) بیشترین وزن تر گواوا از کشت مخلوط این گیاه با شنبلیله بدست می‌آید.

درصد و عملکرد اسانس برگ گیاه گشنیز

تأثیر نسبت‌های مختلف کشت مخلوط بر درصد و عملکرد اسانس برگ گیاه گشنیز معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود (جدول ۵). تیمار I (۱۷۵٪ تراکم مطلوب گشنیز + ۲۵٪ تراکم مطلوب شنبلیله) بیشترین و تیمار B (۲۵٪ تراکم مطلوب گشنیز + ۱۷۵٪ تراکم مطلوب شنبلیله) کمترین درصد (جدول ۶) و عملکرد اسانس برگ (شکل ۱) را به خود اختصاص دادند. در این آزمایش مشاهده شد که با افزایش تراکم گیاه گشنیز، درصد اسانس در این گیاه افزایش می‌یابد. چنین به نظر می‌رسد که گیاهان در تیمار I به علت تراکم بالا با تنش کمبود عناصر غذایی مواجه شده‌اند و در نتیجه درصد اسانس آنها افزایش یافته است. در این راستا آمارجیت و همکاران (۱۱) گزارش کردند که با کاهش فاصله ردیف و افزایش تراکم در گیاه شوید (*Anethum graveolens* L.)، درصد اسانس بذر افزایش می‌یابد. در آزمایشی که بر روی کشت مخلوط نعناع و سویا انجام شد، نتایج نشان داد که کیفیت و عملکرد اسانس نعناع، به دلیل افزایش درصد منتول و کاهش درصد منتوفوران و منتول استات در مقایسه با کشت خالص بیشتر می‌شود (۲۲). از آنجایی که عملکرد اسانس تابع درصد اسانس و عملکرد ماده خشک گیاه است، بنابراین افزایش در هر یک از این دو سبب افزایش در عملکرد اسانس گیاه می‌شود. در این تحقیق، گشنیز در تیمار I بیشترین درصد اسانس را به خود اختصاص داد و بیشترین وزن خشک برگ در هکتار (جدول ۶) نیز در تیمار G (۱۲۵٪ تراکم مطلوب گشنیز + ۷۵٪ تراکم مطلوب شنبلیله) مشاهده شد که از نظر آماری اختلاف معنی‌داری با تیمارهای H و I نداشت. با توجه به بالا بودن درصد اسانس و وزن خشک تولیدی در تیمار I، عملکرد اسانس بالاتر در این تیمار منطقی به نظر می‌رسد. به طور کلی، می‌توان نتیجه گرفت که از نظر درصد و عملکرد اسانس برگ، کشت مخلوط گشنیز با شنبلیله نسبت به کشت خالص آن ارجحیت دارد.

جدول ۵- جدول تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه گشنیز و شنبلیله بر حسب میانگین مربعات

منابع تغییر	درجه آزادی	درصد اسانس برگ گشنیز	عملکرد برگ گشنیز	عملکرد اسانس برگ گشنیز	عملکرد بیولوژیک گشنیز	عملکرد بیولوژیک شنبلیله
تیمار	۲	۱۹/۶۹**	۳۴۱۲۳/۳۳**	۱۱/۷۷**	۱۴۳۲۰۴۹۲/۷**	۱۱۸۴۱۲۵/۳**
بلوک	۷	۲/۱۶ns	۶۷۹۷/۱۸ns	۱/۴۶ns	۲۳۰۷۹۶/۸ns	۳۳۳۱۷/۷ns
خطا	۱۴	۰/۰۰۱	۱۷۵۳۹/۸	۰/۸۵	۲۸۳۲۲۸/۴	۴۶۳۰۳
ضریب تغییرات	_	۹/۷۱	۱۴/۹۵	۲۶/۵۲	۷/۹۹	۱۸/۶۱

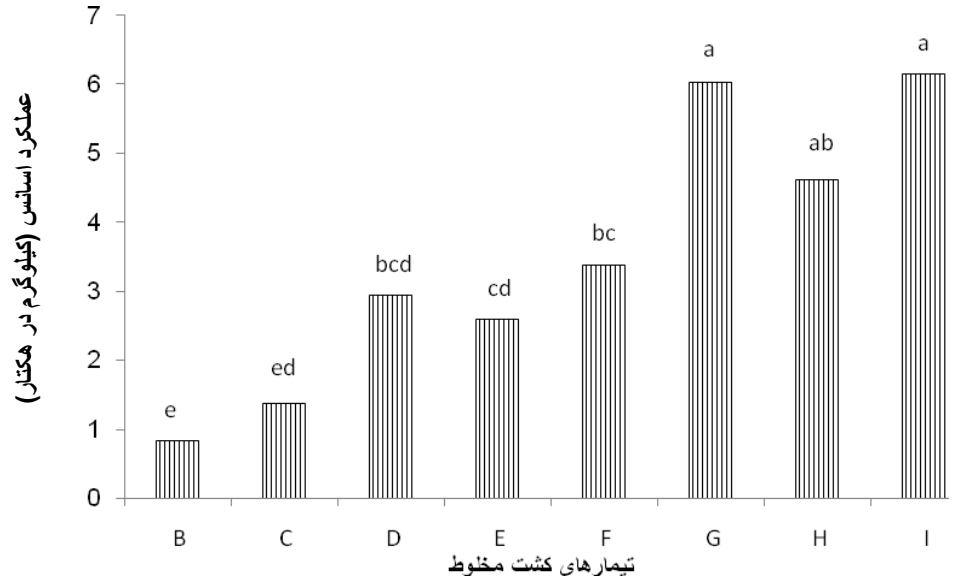
**- معنی داری در سطح ۱٪ ، *- معنی داری در سطح ۵٪ و ns- غیر معنی دار

جدول ٦- تأثیر تیمارهای مختلف کشت مخلوط گشنیز و شنبلیله بر عملکرد بیولوژیک آنها و درصد اسانس و وزن خشک برگ گشنیز

تیمار	درصد اسانس برگ گشنیز	وزن خشک برگ گشنیز ($kg\ ha^{-1}$)	عملکرد بیولوژیک گشنیز ($kg\ ha^{-1}$)	عملکرد بیولوژیک شنبلیله ($kg\ ha^{-1}$)
A	–	–	—	۱۳۲۹/۶۳dc
B	۰/۲۱c	۳۸۵/۷ d	۳۷۶۵/۴e	۱۹۸۹ a
C	۰/۲۶ c	۵۱۷/۹ cd	۴۳۵۱/۹ ed	۱۸۷۶/۹ ab
D	۰/۳۶ b	۸۰۴/۵ b	۵۵۴۷/۷ c	۱۵۶۷/۹ bc
E	۰/۳۶ b	۷۲۹/۴ bc	۵۰۹۵ cd	۹۰۹/۹ de
F	۰/۳۶ b	۹۳۷ b	۸۰۱۸/۸ b	–
G	۰/۴۵ ab	۱۳۱۰/۵ a	۸۴۹۳/۸ ab	۷۹۰/۱fe
H	۰/۳۸ b	۱۲۰۲/۳ a	۸۸۱۴/۸ab	۴۸۵/۲ gf
I	۰/۵۱a	۱۱۹۶/۶ a	۹۱۴۳/۲a	۳۰۸/۶g

در هر ستون اعداد برخوردار از حروف مشترک در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی داری ندارند.

کشت خالص شنبلیله (A)، ۲۵٪ تراکم مطلوب گشنیز+۱۷۵٪ تراکم مطلوب شنبلیله(B)، ۵۰٪ تراکم مطلوب گشنیز+۱۵۰٪تراکم مطلوب شنبلیله(C)،۷۵٪ تراکم مطلوب گشنیز+۱۲۵٪ تراکم مطلوب شنبلیله(D)،۱۰۰٪ تراکم مطلوب گشنیز+۱۰۰٪ تراکم مطلوب شنبلیله(E)، کشت خالص گشنیز(F)، ۱۲۵٪ تراکم مطلوب گشنیز+۷۵٪ تراکم مطلوب شنبلیله(G)،۱۵۰٪ تراکم مطلوب گشنیز+۵۰٪ تراکم مطلوب شنبلیله(H)، ۱۷۵٪ تراکم مطلوب گشنیز+۲۵٪تراکم مطلوب شنبلیله(I).



شکل۱- تاثیرتیمارهای مختلف کشت مخلوط بر عملکرد اسانس برگ گیاه گشنیز

کشت خالص شنبلیله (A)، ۲۵٪ تراکم مطلوب گشنیز+۱۷۵٪ تراکم مطلوب شنبلیله (B)، ۵۰٪ تراکم مطلوب گشنیز+۱۵۰٪تراکم مطلوب شنبلیله (C)،۷۵٪ تراکم مطلوب گشنیز+۱۲۵٪ تراکم مطلوب شنبلیله (D)،۱۰۰٪ تراکم مطلوب گشنیز+۱۰۰٪ تراکم مطلوب شنبلیله (E)،کشت خالص گشنیز(F)،۱۲۵٪ تراکم مطلوب گشنیز+۷۵٪ تراکم مطلوب شنبلیله(G)،۱۵۰٪ تراکم مطلوب گشنیز+۵۰٪تراکم مطلوب شنبلیله(H)،۱۷۵٪تراکم مطلوب گشنیز+۲۵٪تراکم مطلوب شنبلیله (I).

نسبت برابری زمین (LER)

نسبت برابری زمین بین تیمارهای مختلف کشت مخلوط از نظر آماری معنی‌دار بود (جدول ۷). تمام نسبت‌های اختلاط گشنیز و شنبلیله LER بزرگتر از یک داشتند که نشان از برتری کشت مخلوط نسبت به تک کشتی در این الگوی کشت است. بیشترین مقدار LER به تیمار B و کمترین آن به تیمار E (۱۰۰٪ تراکم مطلوب گشنیز+۱۰۰٪ تراکم مطلوب شنبلیله) اختصاص داشت. برخی محققان گزارش کرده‌اند که برتری عملکرد در کشت مخلوط ممکن است بر اثر تلفیقی از عوامل مختلف همچون استفاده بهتر از رطوبت خاک، نور و عناصر غذایی باشد، آنها وجود اختلاف در ساختار ریشه، توزیع کانوپی و احتیاجات غذایی گیاهان در کشت مخلوط را علت این کارآمدی تشخیص داده اند (۲۳).

جدول۷ - مقادیر نسبت برابری زمین در تیمارهای مختلف کشت مخلوط گشنیز و شنبلیله

تیمار	LER جزئی گشنیز	LER جزئی شنبلیله	LER کلی
A	_	۱ dc	۱ e
B	۰/۴۶ e	۱/۵۵ a	۲/۰۲a
C	۰/۵۴de	۱/۴۲ab	۱/۹۶ ab
D	۰/۶۹c	۱/۲ bc	۱/۸۹ ab
E	۰/۶۳cd	۰/۶۹ de	۱/۳۳ d
F	۱b	_	۱ e
G	۱/۰۵ab	۰/۶۲ fe	۱/۶۸ cd
H	۱/۰۹ab	۰/۳۷ fg	۱/۴۶cd
I	۱/۱۴ a	۰/۲۴ g	۱/۳۸ cd

در هر ستون اعداد برخوردار از حروف مشترک در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی داری ندارند.

کشت خالص شنبلیله (A)، ۲۵٪ تراکم مطلوب گشنیز+۱۷۵٪ تراکم مطلوب شنبلیله(B)، ۵۰٪ تراکم مطلوب گشنیز+۱۵۰٪تراکم مطلوب شنبلیله(C)، ۷۵٪ تراکم مطلوب گشنیز+۱۲۵٪ تراکم مطلوب شنبلیله(D)، ۱۰۰٪ تراکم مطلوب گشنیز+۱۰۰٪ تراکم مطلوب شنبلیله(E)، کشت خالص گشنیز(F)، ۱۲۵٪ تراکم مطلوب گشنیز+۷۵٪ تراکم مطلوب شنبلیله(G)، ۱۵۰٪ تراکم مطلوب گشنیز+۵۰٪تراکم مطلوب شنبلیله(H)، ۱۷۵٪تراکم مطلوب گشنیز+۲۵٪تراکم مطلوب شنبلیله (I).

در این راستا تحقیقات بوهرا و همکاران (۱۳) در بررسی کشت مخلوط نخود زراعی (*Cicer arietinum* L.) و خردل (*Brassica junica*, Czern and Coss) نشان داد که تیمارهای مخلوط از نظر عملکرد نسبت به تیمارهای تک کشتی برتری دارند. تیمار مخلوط ۴:۱ (۴ردیف نخود و ۱ ردیف خردل) دارای بالاترین میزان نسبت برابری زمین (۱/۱۹) بود. در آزمایشی که سارکار و کوندا (۲۷) بر روی کشت مخلوط کنجد با گیاهانی نظیر ماش (*Vigna radiata* (L.) *Wilczek*)، ماش سیاه (*Vicia sativa*)، بادام‌زمینی (*Arachis hypogaea* L.) و آفتابگردان (*Helianthus annus* L.) انجام دادند، مشاهده کردند که کشت مخلوط کنجد با بادام زمینی با نسبت ۱:۲ بیشترین نسبت برابری زمین (۱/۳۵) را در بین دیگر گیاهان داشتند. میرهاشمی (۸) نیز گزارش کرد که در کشت مخلوط زنیان و شنبلیله بیشترین نسبت برابری زمین (۱/۴۷) از کشت مخلوط تک ردیفی آنها حاصل می‌شود.

نتیجه گیری

نتایج حاصل از این آزمایش حاکی از آن است که کشت مخلوط گشنیز و شنبلیله تأثیر مثبتی بر عملکرد بیولوژیک آنها، درصد و عملکرد اسانس و نیز درصد نیتروژن زیست توده گیاه گشنیز داشته است. بنابراین در راستای کاهش مصرف کودهای شیمیایی در کشاورزی پایدار و با توجه به قابلیت تثبیت نیتروژن گیاه شنبلیله، کشت مخلوط این گیاه با گشنیز می‌تواند سبب افزایش بهره‌وری از منابع و بهبود عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی گشنیز گردد.

منابع

۱- اسدی، ه. ۱۳۸۶. اثر کشت مخلوط کنجد و لوبیا بر شاخص‌های رشد و اجزای عملکرد آنها. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

۲- بنی صدر، ن. و ف. بازگشا. ۱۳۷۶. بررسی کشت مخلوط شبدر برسیم و علف چمنی یکساله. مجله تحقیقات کشاورزی نهال و بذر. ۱۳(۲): ۱۳-۱.

۳- جهانی کندری، م. ۱۳۸۵. بررسی آرایش‌های مختلف کشت مخلوط زیره سبز وعدس. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

۴- زرگری، ک.۱۳۷۲. بررسی اثرات پرتوتابی روی برخی صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و سیتولوژیک در ماش. پایان نامه کارشناسی ارشد

زاعت.دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.
۵- زمان، س. ۱۳۷۹. گیاهان‌دارویی. (ترجمه). انتشارات ققنوس. ص ۱۵۹.
۶- عباسی علی کمر، ر.۱۳۸۳. بررسی تراکم های مختلف کشت مخلوط زیره سبز و نخود با تاکید برکنترل علفهای‌هرز در شرایط مشهد. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تهران.
۷- مهدوی دامغانی، ع.، ع. کوچکی و ا. زند. ۱۳۸۵. طراحی و مدیریت بوم نظام در کشاورزی پایدار. مقالات کلیدی نهمین کنگره علـوم زراعـت و اصلاح نبات ایران. پردیس ابوریحان–دانشگاه تهران.۷-۵ شهریور.
۸- میرهاشمی، م. ۱۳۸۵. بررسی کشت مخلوط زنیان وشنبلیله باتاکید برمبانی کشاورزی زیستی(ارگانیک). پایـان‌نامـه کارشناسـی ارشـد زراعـت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
9- Abraham C. T. and S. Singh. 1984. Weed management in sorghum- legume intercropping systems. Journal of Agricultural Science Cambridge, 103:103-115.
10- Al-qurashi-Adel, D. S. 2005. Growth and leaf nutrients content of Guava seedling (*Psidium guajava L.*) Intercropped with some legume cover crops. Assiut Journal of Agricultural Science, 36(3):109-119.
11- Amarjit S. B., B. S. Sidhu, and G. S. Randhawa. 1999. Effect of row spacing and nitrogen on nitrogen uptake, content and quality of dill (*Anethum greveolens*). Indian Journal Agronomy, 37: 633-634.
12- Banik P. A., B. K. Midya, S. Sarkar, and S. Ghose. 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: advantages and weed smothering. European Journal Agronomy, 24:325-332.
13- Bohra J. S., A. Goswami, and D. Sab. 1999. Agronomic studies on gram and mustard intercropping. New horizons for an old crop. Proceeding of the 10th International Rapeseed Congress. Canberra, Australia, 1990.
14- Brintha1 I. and T. H. Seran. 2009. Effect of paired row planting of radish (*Raphanus sativus* L.) intercropped with vegetable amaranthus (*Amaranthus tricolor* L.) on yield components of Radish sandy regosol. The Journal of Agricultural Sciences.4:19-28.
15- Chen W. and L. B. Zange. 1995. Effect of different maize type on canopy properties, light distribution and dry matter production of maize population. Acta Agronomic Inica. 21:83-89.
16- Chithra V. and S. Leelamma. 2000. *Coriandrum sativum* - effect on lipid metabolism in 1,2-dimethyl hydrazine induced colon cancer. Journal of Ethnopharmacology, 71: 457-463.
17- Chujo H. and H. Daimon. 1984. Plant growth and fat of nitrogen in mixed cropping, intercropping and crop rotation, I. Growth acceleration of some temperate grasses in early stage of mixed cropping with red clover. Journal of Crop Science. 53:213-221.
18- Fernandez-Aparicio M., A. A. Emeran, and D. Rubiales. 2008. Control of *Orobanch crenata* in legumes intercropping with fenugreek (*Trigonella foenum* Graceum). Crop protection, 27:653-659.
19- Fujita K., S. Ogata, K. Matsumoto, T. Masuda, K.G. Ofosu-Budu, and K. Kuwata. 1990. Nitrogen transfer and dry matter production in soybean and sorghum mixed cropping system at different population densities. Soil Science Plant Nutrient, 36:233-241.
20- Geno L. and B. Geno. 2001. Polyculture production principles benefits and risks of multiple cropping land management systems for Australia. RIRDC.
21- Hussain S. A., N. Ali, A. Rab, and A. Hashmi. 2005. Intercropping effect on growth and yield of winter vegetables. Sarhad Journal of Agriculture, 21:345-350.
22- Maffei J. and M. Mucciarelli. 2003. Essential oil yield in pepper mint-soybean strip-cropping. Field Crops Research, 84:229-240.
23- Pandiata A. K., M. H. Saha, and A. S. Bali. 2000. Effect of row ratio in cereal- legume intercropping systems on productivity and competition function under Kashmir condition. Indian Journal Agronomy, 45: 48-53.
24- Prasad R., R Singh, S Sing, and M. Pal. 2001. Studies on intercropping potato with fenugreek. Acta Agronomica Hungarica, 49(2): 189-191.
25- Rajeswara Rao B. R. 2002. Biomass yield, essential oil yield and essential oil composition of Rose-scented geranium (*Pelargonium species*) as influenced by row spacing and inter cropping with cornmint *(Mentha arrensis* L.f. piperascens Malinv.EX Holmes). Industrial Crops and Products, 16: 133-144.
26- Rodrigues-Gomez O., E. Zavalet-Mejia, V. A. Gonzales-Hernandez, M. Livera-Munoz, and E. Cardenas-Soriano. 2003. Allelophathy and microclimatic modification of intercropping with marigold on tomato early blight disease development. Field Crops Research, 83:27-34.
27- Sarkar, R. K. and C. Kunda. 2001. Sustainable intercropping system of Sesame (*Sesamum indicum*) with pulse and oilseed crop on rice fallow land. Indian Journal of Agricultural Sciences, 71: 545-550.
28- Sastava, B. M., M. Lavan, and Y. T. Maina. 2004. Management of insect pests of soybean: effects of sowing date and intercropping on damage and grain yield in the Nigerian Sudan savanna. Crop Protection, 23:155-161.
29- Suresha, B. A., T. B. Allolli, M. G. Patil, B. K. Desaiand, and S. A. Hussain. 2007. Yield and economics of chili based intercropping system. Karnataka Journal of Agricultural Sciences, 20(4): 807-809.

30- Yadav, U. C., K. Moorthy, and N. Z. Baquer. 2004. Effects of sodium-orthovanadate and *Trigonella foenum-graecum* seed son hepatic and renal lipogenic enzymes and lipid profile during alloxan diabetes. Journal Bio Sciences. 29: 81–91.
31- Zhang L., W. Vanderwerf, L. Bastiaans, S. Zhang, B. Li, and J. H. Spierts. 2008. Light interception and utilization in relay intercrops of wheat and cotton. Field Crops Research, 107: 29-42.