نشریه دانش کشاورزی و تولید پایدار/ جلد ۲۶ شماره ۳/ پاییز ۱۳۹۵

اثر قارچ مایکوریزا آربوسکولار بر عملکرد و اجزای عملکرد شوید (*Anethum graveolens* L.) و لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) در کشت خالص و مخلوط

وریا ویسانی[1*]، یعقوب راعی[1]، سعید زهتاب سلماسی[1]، یوسف سهرابی[2]

تاریخ دریافت: ۹٤/۲/۸ تاریخ پذیرش: ۹۵/٦/۳

۱-گروه اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز
۲- گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه کردستان
*نویسنده مسؤل؛ Email: weria.wisany@gmail.com

چکیده

به منظور بررسی تأثیر کشت مخلوط و قارچ مایکوریزا بر عملکرد و اجزای عملکرد شوید و لوبیا، آزمایشی مزرعه‌ای جهت ارزیابی کشت مخلوط شوید (*Anethum graveolens* L.) و لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان به اجرا در آمد. عامل اول سیستم کشت شامل کشت خالص لوبیا قرمز با ترکم مناسب (٤۰ بوته در متر مربع)، کشت خالص شوید با تراکم ۲۵، ۵۰ و ۷۵ بوته در متر مربع، کشت مخلوط افزایشی ۷۵، ۵۰ و ۲۵ بوته در متر مربع شوید به ٤۰ بوته در متر مربع لوبیا، و عامل دوم قارچ مایکوریزا شامل بدون کاربرد قارچ مایکوریزا (شاهد) و کاربرد قارچ مایکوریزا بود. نتایج نشان داد که در کشت مخلوط افزایشی، عملکرد دانه شوید افزایش پیدا کرد. در لوبیا، کشت مخلوط باعث افزایش وزن غلاف، تعداد غلاف و عملکرد دانه گردید. درحالی که کشت مخلوط نسبت به کشت خالص باعث کاهش تعداد چتر در بوته، تعداد چترک در بوته و تعداد شاخه فرعی در بوته گردید. کاربرد قارچ مایکوریزا در گیاه شوید باعث افزایش تعداد چتر در بوته، تعداد چترک در بوته، تعداد شاخه فرعی در بوته، عملکرد دانه شد. همچنین، در لوبیا، وزن غلاف، تعداد غلاف و عملکرد دانه با کاربرد قارچ مایکوریزا افزایش پیدا کرد. مجموع عملکرد نسبی و مجموع ارزش نسبی برای بیشتر ترکیب‌های کشت مخلوط بیشتر از یک بود، که بیانگر برتری کشت مخلوط نسبت به کشت خالص بود.

واژه های کلیدی: شوید، عملکرد، قارچ مایکوریزا، کشت مخلوط، لوبیا قرمز

Effect of Arbuscular Mycorrhiza Fungi on Yield and Yield Components of Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and Dill (*Anethum graveolens* L.) in Mono and Intercropping System

Weria Weisany[1]*, Yaghoub Raei[1], Saeed Zehtab-Salmasi[1], Yosef Sohrabi[2]

Received: April 28, 2015 Accepted: August 24, 2016
1-Dept. of Plant Ecophysiology, Faculty of Agriculture, Tabriz University, Iran.
2-Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Kurdistan, Iran.
*Corresponding Author: E-mail: Weria.Wisany@gmail.com.

Abstract

The effect of intercropping and arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) on yield and yield components of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and dill (*Anethum graveolens* L.), examined by a field experiments with a factorial arrangement based on randomized complete block design with three replications in Agricultural and Natural Resources Research Center of Kurdistan. The first factor, cropping systems including sole cropping of common bean (40 plant.m^{-2}), sole cropping of dill with density of 25, 50 and 75 plant.m^{-2}, additive intercropping including 75, 50 and 25 plant.m^{-2} to 40 plant/m^2, and the second factor, AMF including with and without (control) AMF application. The results showed that additive intercropping increased dill seed yield. In common bean, intercropping increased the weight and number of pod and seed yield. Whereas, intercropping, compared whit sole cropping reduced the number of umbels and umbelets, branches per plant. AMF application significantly increased the number of umbels, umbelets and branches per plant and seed yield. Also, in common bean, AMF significantly increased weight and number of pod and seed yield. Relative yield total (RYT) and relative value total (RVT) for most of the intercropping combinations were greater than one, which indicates the superiority of intercropping to monoculture.

Keywords: Arbuscular Mycorrhizal, Common Bean, Dill, Intercropping, Yield

مقدمه

شیوه های مختلف کشت و کار، تولیدات آینده را تحت تأثیر قرار می دهند و ورود علف کش ها و نهاده های شیمیایی دیگر علاوه بر هزینه اضافی اثرات جبران ناپذیری بر محیط زیست و سلامتی انسان ایجاد می کند (نصیری محلاتی و کوچکی ۱۳۸۸). افزایش جمعیت جهان و تخریب منابع طبیعی و به تبع آن نیاز مبرم به افزایش تولید محصولات کشاورزی و رفع نیاز غذایی بشر از مشکلات اساسی دنیای امروز به شمار می‌رود و برای رفع آن راهکارهایی همانند کشت مخلوط گیاهان زراعی ارائه شده است. در بسیاری از مناطق دنیا پذیرفته شدن کشت مخلوط به عنوان جزیی مرسوم از مدیریت اکوسیستم‌های زراعی، ثابت کرده است که این نوع کشت می‌تواند مزایای مشخصی را برحسب درجه تنوع در زمان و مکان داشته باشد (لیتورجیدیس و همکاران ۲۰۰۶). از مزایای مهم کشت مخلوط مواردی مانند افزایش تولید، استفاده بیشتر از منابع محیطی، کنترل علف های هرز و کاهش خسارت آفات و بیماری ها را می توان نام برد.

کوددهی شیمیایی، تنها منبع تأمین عناصر غذایی

مورد نیاز گیاه نیستند، بلکه کودهای زیستی نیز می توانند در تأمین نیازهای غذایی گیاهان، نقش ایفا کنند. استفاده از کودهای زیستی از جمله راهکارهای بهبود تأمین عناصر غذایی در کشاورزی پایدار می باشد. تعدادی از میکروارگانیسم های موجود در این کودهای زیستی می توانند قابلیت دسترسی به فسفر خاک را افزایش دهند و از طریق فراهمی فسفر و نیز ایفای نقش های دیگر، بر رشد گیاه و افزایش کیفیت محصولات کشاورزی تأثیرگذار باشند. قارچ های مایکوریزا یکی از اجزای مهم جامعه زیستی خاک هستند و با دیگر ریزجانداران در ریزوسفر اثرات متقابل دارند (بون و رویرا ۱۹۹۹). مطالعات نشان می دهند که قارچ های مایکوریزا از طریق کاهش سطح تنش و افزایش جذب عناصر غذایی، به رشد گیاهان تحت شرایط تنش خشکی کمک می کنند (رویز لوزانو و آزکون ۱۹۹٦). قارچ های مایکوریزا همچنین باعث تغییر مرفولوژی ریشه، افزایش جذب آب و جلوگیری از بروز برخی بیماری های ریشه می شوند (آوگ ۲۰۰۱). مهم ترین و بیشترین تأثیر رابطه همزیستی با قارچ های مایکوریزا، افزایش جذب عناصر معدنی به ویژه فسفر در گیاه میزبان می باشد. این تأثیر به خصوص در اراضی که فسفر محلول خاک کم بوده یا در اثر خشکی، ضریب پخشیدگی عنصر فسفر بسیار کاهش یافته است مشهودتر می باشد (شیرانی و همکاران ۱۳۷۹). هیف های قارچ مایکوریزا می توانند به منافذ بسیار ریزی که حتی تارهای کشنده قادر به نفوذ در آنها نیستند وارد شده و باعث افزایش میزان جذب آب و مواد غذایی گردند (تیسدال ۱۹۹۱). بر این اساس انجام مطالعه و پژوهشی در ارتباط با تأثیر قارچ مایکوریزا بر گیاهان دارویی و حبوبات از جمله شوید و لوبیا به دلیل موارد استفاده زیاد از آنها ضروری به نظر می رسد.

تحقیقات اندکی در مورد نقش همزیستی قارچ‌های مایکوریزا بر افزایش رشد و عملکرد گیاه لوبیا و شوید به ویژه تحت شرایط کشت مخلوط انجام شده است. کاپور و همکاران (۲۰۰٤) در تحقیقات خود نشان دادند که همزیستی ریشه رازیانه با قارچ مایکوریزا به طور معنی داری سبب بهبود گلدهی، وزن هزار دانه، بیوماس و عملکرد دانه رازیانه گردید. گوپتا و همکاران (۲۰۰۲) در مطالعه ای، اظهار داشتند که تلقیح نعناع با قارچ مایکوریزا، ارتفاع بوته و عملکرد بیولوژیکی را به طور قابل توجهی افزایش داد. در مطالعه دیگری مشاهده گردید که تلقیح ریشه دو گیاه دارویی شوید و نوعی زیره با دو نوع قارچ مایکوریزا سبب افزایش معنی دار وزن خشک اندام های هوایی آن ها گردید (کاپور و همکاران ۲۰۰۲). در طی یک بررسی، ملاحظه گردید که تلقیح ریشه های شوید و زنیان با دو گونه قارچ مایکوریزا سبب افزایش معنی دار وزن خشک اندام هوایی آنها می گردد (کاپور و همکاران ۲۰۰۲).

با عنایت به اینکه تاکنون تحقیقات چندانی در ارتباط با تأثیر قارچ مایکوریزا بر گیاه شوید و لوبیا در شرایط کشت مخلوط در کشور انجام نگرفته و نیز با در نظر گرفتن مزایای بسیار کشت مخلوط و اثرات مفیدی که قارچ مایکوریزا در بهبود عملکرد گیاهان زراعی می تواند داشته باشد، تحقیق حاضر با هدف بررسی تأثیر قارچ مایکوریزا بر خصوصیات زراعی و عملکرد شوید و لوبیا در کشت خالص و مخلوط انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر قارچ مایکوریزا بر خصوصیات زراعی و عملکرد شوید و لوبیا قرمز در شرایط کشت مخلوط، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در بهار سال های زراعی ۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کردستان اجرا شد. ایستگاه گریزه سنندج در سه کیلومتری جنوب شهرستان سنندج قرار گرفته و دارای ۱۳۷۳ متر ارتفاع از سطح دریا بوده و در ٤۷ درجه و یک دقیقه طول شرقی و ۳۵ درجه و ۱٦ دقیقه عرض شمالی قرار دارد. ویژگی های خاک محل اجرای آزمایش در جدول ۱ قید گردیده است.

جدول۱- برخی از خصوصیات فیزیکوشیمایی خاک محل اجرای آزمایش

کربن آلی	نیتروژن کل	روی قابل جذب	فسفر قابل جذب	پتاس قابل جذب	بافت خاک		
درصد		(ppm)			رس (٪)	سیلت (٪)	شن (٪)
۲/۱۸٤	۰/۱۷٥	٥/٥٦	٥۲	۸۰۱	۲٤/۷۲	۳۳/٦۸	٤۱/٦

دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز تهیه شد.

کاشت لوبیا قرمز و شوید به طور همزمان و با دست انجام گردید. کرت هایی به ابعاد ٤×۳ متر مربع و در هر کرت شش ردیف کاشت به فاصله ٥۰ سانتی تر از یکدیگر به صورت جوی و پشته و در جهت شرقی غربی ایجاد شد. در یک طرف پشته، بذور شوید به ترتیب در فواصل ۲/٦٦، ٤ و ۸ سانتی متر روی ردیف ها برای تراکم های ۷٥، ٥۰ و ۲٥ بوته در متر مربع، در عمق ۱/٥ تا ۲ سانتی متر و در طرف دیگر پشته نیز بذور لوبیا به فاصله ٥ سانتی متر روی ردیف‌ها (تراکم ٤۰ بوته در متر مربع) و عمق پنج سانتی متر کاشته شد.

برای تلقیح شوید و لوبیا با قارچ مایکوریزا، قبل از کاشت از خاکی که حاوی هیف های قارچ مایکوریزا، بقایای ریشه و اسپور (حدود ۱۰۰۰ اسپور در هر ۱۰ گرم خاک) بود در داخل خطوط کاشت و زیر بذور به مقدار ۳۰ گرم در هر ردیف کاشت قرار داده شد. اولین نوبت آبیاری بلافاصله بعد از کاشت انجام شد. آبیاری‌های بعدی بر حسب شرایط اقلیمی منطقه به طور متوسط هر هفته یک بار به طریقهٔ بارانی انجام گرفت. در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک دانه، آبیاری قطع شد تا ضمن کاهش رطوبت مازاد بذر، محصول جهت برداشت آماده شود. جهت اطمینان از استقرار یکنواخت بوته‌های شوید و لوبیا، کشت بذور با تراکم بالا صورت گرفت سپس در مرحلهٔ سه تا چهار برگی در تمام کرت ها به صورت یکنواخت عمل تنک انجام گرفت.

اندازه گیری پارامترهای مورد نظر

به منظور اندازه گیری تعداد شاخه فرعی، برای لوبیا آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و ۱٤ تیمار انجام گردید. عامل اول سیستم کشت شامل کشت خالص لوبیا قرمز با ترکم مناسب ٤۰ بوته در متر مربع، کشت خالص شوید با تراکم ۷٥ بوته در متر مربع، کشت خالص شوید با تراکم ٥۰ بوته در متر مربع، کشت خالص شوید با تراکم ۲٥ بوته در متر مربع، کشت مخلوط افزایشی ۷٥ بوته در متر مربع شوید به ٤۰ بوته در متر مربع لوبیا، کشت مخلوط افزایشی ٥۰ بوته در متر مربع شوید به ٤۰ بوته در متر مربع لوبیا، کشت مخلوط افزایشی ۲٥ بوته در متر مربع شوید به ٤۰ بوته در متر مربع لوبیا و عامل دوم، استفاده قارچ مایکوریزا *Funneliformis mosseae* شامل عدم کاربرد قارچ مایکوریزا (VAM-) (شاهد) و کاربرد قارچ مایکوریزا (VAM+) بود. مایه تلقیح قارچ مایکوریزا از و شوید در طول مراحل رشد، ده بوته شوید و ده بوته لوبیا در هر کرت توسط نخ رنگی علامت گذاری شدند و به طور منظم یادداشت برداری ها لازم انجام گرفت.

عملکرد و اجزای عملکرد

اجزای عملکرد در لوبیا شامل تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن دانه و اجزای عملکرد در شوید شامل تعداد شاخه فرعی، تعداد چتر در بوته و تعداد چترک در چتر و عملکرد دانه در واحد سطح تعیین گردید.

شاخص ارزیابی کشت مخلوط

مجموع عملکرد نسبی (RYT) [1]

بسیاری از دانشمندان برتری کشت مخلوط را نسبت به کشت خالص بر اساس مجموع عملکرد نسبی (RYT) بیان می کنند (ویلی ۱۹۷۹) که به صورت زیر محاسبه می شود.

$$RYT = RYa + RYb = (Yab / Yaa) + (Yba / Ybb)$$

Yab : عملکرد گونه **a** در کشت مخلوط

Yaa: عملکرد گونه a در کشت خالص

Yba: عملکرد گونه b در کشت مخلوط

Ybb: عملکرد گونه b در کشت خالص

مقادیر بزرگتر از یک نشان دهنده برتری کشت مخلوط و مقادیر کوچکتر از یک نشان دهنده نامناسب بودن آن در مقایسه با کشت خالص است.

مجموع ارزش نسبی (**RVT**) [2]

امروزه تعیین الگوی کشت گیاهان زراعی، بیشتر بر اساس ارزش اقتصادی است. از این رو برای توجیه اقتصادی کشت مخلوط، ارزیابی آن بایستی با مطلوب-ترین شرایط تک کشتی دو گیاه امکانپذیر باشد. شاخص مناسب برای دسترسی به این هدف مجموع ارزش نسبی است که به صورت زیر محاسبه می شود (جوانشیر و همکاران ۱۳۷۹):

$$RVT= (aP1+bP2)/aM1$$

$$aM1 > bM2$$

در این رابطه **a** قیمت محصول اصلی (یک کیلوگرم دانه لوبیا)، **b** قیمت محصول ثانوی (یک کیلوگرم وزن تر اندام های هوایی شوید)، P1 **و** P2 به ترتیب عملکرد گیاه اصلی و فرعی در کشت مخلوط و M1 حداکثر عملکرد خالص گیاه اصلی است. اگر RVT بیشتر از یک باشد، کشت مخلوط از مزیت برخوردار است ولی اگر RYT کوچکتر از یک باشد، کشت مخلوط از مزیت برخوردار نمی باشد (جوانشیر و همکاران ۱۳۷۹).

تعیین همزیستی میکوریزی

برای جدا کردن ریشه‌های گیاه از خاک، ابتدا خاک به همراه ریشه‌های موجود در آن روی الک ریخته شد. الک همراه خاک و ریشه‌های داخل آن زیر شیر آب قرار گرفته و به آهستگی تکان داده شد تا این که ریشه‌ها کاملاً عاری از خاک شدند. بعد از جداسازی ریشه‌ها آب اضافی آنها گرفته شد. جهت تعیین درصد کلنیزاسیون ریشه (ریشه ای مویین) در محیط آزمایشگاه، با استفاده از روش فیلیپس و هیمن رنگ آمیزی (فلیپس و هایمن ۱۹۷۰) ریشه ای صورت گرفت و سپس از روش خطوط متقاطع استفاده گردید (تنانت ۱۹۷۵).

تجزیه و تحلیل داده ها

داده‌های به دست آمده با استفاده از برنامه آماری SAS مورد تجزیه آماری قرار گرفتند و مقایسه میانگین ها نیز توسط آزمون حداقل تفاوت معنی دار (LSD) در سطح ۵٪ انجام گرفت. نمودارها و جداول مربوطه نیز با استفاده از نرم افزار Excel تهیه شد.

نتایج و بحث

شوید

تعداد چتر در بوته

نتایج تجزیه واریانس داده ها نشان داد که کاربرد مایکوریزا تأثیر معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد بر تعداد چتر و چترک در بوته شوید داشت (جدول ۲). همچنین بین سطوح سیستم کشت اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد از لحاظ تعداد چتر در بوته مشاهده گردید. همان طوری که در مقایسه میانگین داده ها (شکل ۱) مشاهده می گردد، در شرایط کشت خالص، تعداد چتر در بوته گیاه بیشتر می باشد به طوری که در شرایط کشت مخلوط افزایشی شوید و لوبیا (۷۵/۴۰) تعداد چتر در بوته به طور معنی داری کاهش پیدا کرده است. همچنین کاشت مخلوط افزایشی شوید با لوبیا باعث

1-Relative Yield Total
2-Relative Value Total

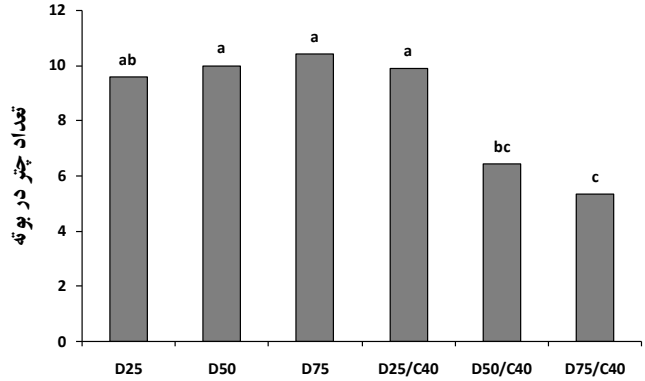
کاهش تعداد چترک در بوته در گیاه شوید گردید (شکل ۲). هرچند که بین کشت خالص شوید در تراکم‌های مختلف و کشت مخلوط افزایشی شوید و لوبیا (۲۵/٤۰) به لحاظ تعداد چترک در بوته اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید. لازم به ذکر است که کاربرد مایکوریزا باعث افزایش معنی‌دار تعداد چتر و چترک در بوته گیاه شوید گردید (جدول ۲).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس داده ها برای تعداد چتر در بوته، تعداد چترک در چتر، تعداد چترک در بوته، تعداد شاخه فرعی در بوته و عملکرد دانه گیاه شوید تحت تأثیر سطوح سیستم کشت و کاربرد قارچ مایکوریزا

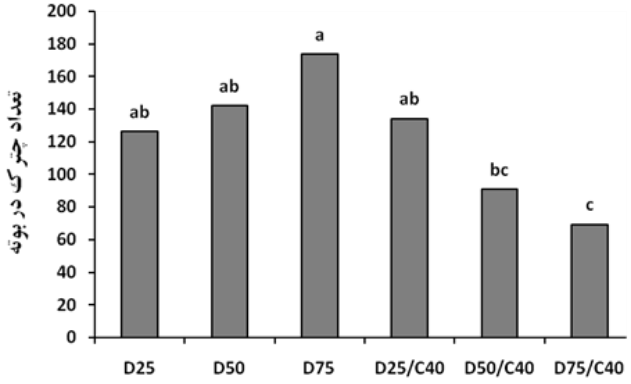
منابع تغییر		میانگین مربعات MS				
	df	تعداد چتر در بوته	تعداد چترک در چتر	تعداد چترک در بوته	تعداد شاخه فرعی در بوته	عملکرد دانه
تکرار	۲	٦/۹۲ ns	٥۲/۳٥ ns	۸۸۷ ns	۱ ns	۱٤۳۰٦*
سیستم کشت	٥	۲۸/۰۷*	۳۰/٤۲ ns	۸۳٤۸***	۲۱/۲ ns	۱۰۲۲۹*
مایکوریزا	۱	۳۲/۱۱*	۳/۳٦ ns	۸٤٤۸*	۸۷/۱***	٤٥٥٦ ns
سیستم کشت×مایکوریزا	٥	۸/۲۷ ns	۳۰/۸۲	٥۰۸٦ ns	٤/۳۲ ns	۱۱۹۲ ns
خطای آزمایشی	۲۲	۷/۲۱	۳۰/۱	۲۰۱۱	۸/۰۳	۳٤۱۰
ضریب تغییرات (درصد)		۱۸/۱	۱٥/۷	۱۷/۱٦	۲۲/۷	۱٥/۰

Ns، *، **، *** بترتیب غیرمعنی دار، معنی دار در سطح احتمال ٥ ، ۱ و ۰/۱ درصد می‌باشد.

کاربرد گونه های مختلف قارچ مایکوریزا ممکن است از طریق افزایش سطح جذب ریشه ها (نفوذ میسلیوم قارچ‌ها و افزایش سطح تماس با خاک) موجب افزایش دسترسی گیاه شوید به آب و مواد غذایی، شده و از این طریق، افزایش وزن خشک اندام های مختلف و عملکرد گیاه را باعث گردیده باشد. در واقع چنین استنباط می شود که همزیستی قارچ مایکوریزا با ریشه گیاه شوید ممکن است از طریق افزایش جذب آب و عناصر غذایی، باعث افزایش فتوسنتز گیاه شده و از این طریق موجب بهبود رشد گیاه گردیده باشد. همچنین تحقیقات قبلی نشان داد که کاربرد کودهای زیستی باعث افزایش تعداد شاخه گلدار گیاه دارویی ریحان گردید (ویسانی و همکاران ۱۳۹۱).



شکل ۱- تغییرات تعداد چتر در بوته شوید در سطوح سیستم کشت [کشت خالص شوید با تراکم ۲۵ (D25)، ٥۰ (D50)، ۷٥ (D75) بوته در متر مربع و کشت مخلوط افزایشی ۲٥ بوته شوید به ۴۰ بوته در متر مربع لوبیا (D25/C40)، ٥۰ بوته شوید به ۴۰ بوته در متر مربع لوبیا (D50/C40)، ۷٥ بوته شوید به ۴۰ بوته در متر مربع لوبیا (D75/C40)]



شکل ۲-تغییرات تعداد چترک در بوته شوید در سطوح سیستم کشت [کشت خالص شوید با تراکم ۲۵ (D25)، ۵۰ (D50)، ۷۵ (D75) بوته در متر مربع و کشت مخلوط افزایشی ۲۵ بوته شوید به ۴۰ بوته در متر مربع لوبیا (D25/C40)، ۵۰ بوته شوید به ۴۰ بوته در متر مربع لوبیا (D50/C40)، ۷۵ بوته شوید به ۴۰ بوته در متر مربع لوبیا (D75/C40)]

تعداد چترک در چتر

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده ها، بین سطوح مختلف سیستم کشت، کاربرد مایکوریزا و اثرات متقابل آنها از لحاظ تعداد چترک در چتر اختلاف معنی داری وجود نداشت (جدول ۲).

تعداد شاخه فرعی در بوته

همان طوری که در جدول ۲ ملاحظه می‌گردد کاربرد مایکوریزا از لحاظ تعداد شاخه فرعی در بوته شوید تأثیر معنی داری در سطح احتمال ۰/۱ درصد داشتند. نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان داد که کاربرد مایکوریزا باعث افزایش معنی دار تعداد شاخه فرعی در بوته (۱۳/۲۲) گیاه شوید گردید (جدول ۳). کشت مخلوط افزایش شوید و لوبیا (۷۵/٤۰ و ۵۰/٤۰) باعث کاهش تعداد شاخه فرعی در بوته گردید (شکل ۳).

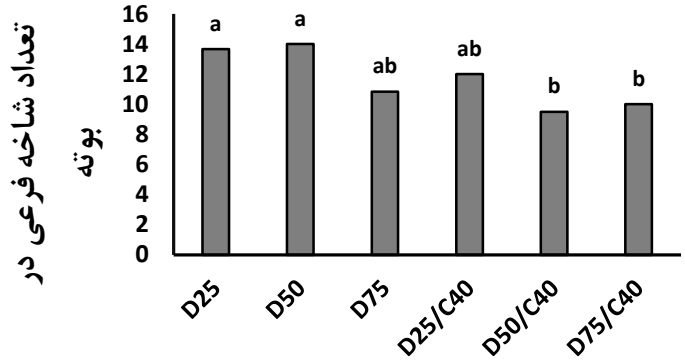
جدول ۳- مقایسه میانگین صفات تعداد چتر در بوته، تعداد چترک در بوته و تعداد شاخه فرعی گیاه شوید در بوته تحت تأثیر کاربرد قارچ مایکوریزا

	تعدا چتر در بوته	تعداد چترک در بوته	تعداد شاخه فرعی در بوته
کاربرد مایکوریزا	۹/۵۵a	۱۳۸/۱۱a	۱۳/۲۲a
عدم کاربرد مایکوریزا	۷/٦٦b	۱۰۷/٤۷b	۱۰/۱۱b
LSD (۵ درصد)	۱/۸۵	۳۱/۰	۱/۹۵

هومبرتو (۲۰۰٤) گزارش کرد که طویل شدن ساقه در محیط‌های سایه دار به تأثیر نسبت نور قرمز به قرمز دور مربوط می‌شود و با کاهش این نسبت ارتفاع بوته افزایش می‌یابد و از تعداد شاخه‌های فرعی کاسته می-شود این امکان وجود دارد که افزایش ارتفاع بوته و کاهش تشکیل شاخه‌های فرعی تحت تأثیر نسبت پایین نور قرمز به قرمز دور، علامت هشدار دهنده‌ای در آستانهٔ رقابت برای نور باشد. در کشت مخلوط مرزه و شبدر ایرانی نیز کاهش درصد ساقهٔ مرزه در مقایسه با کشت خالص گزارش شده است (حسن زاده اول و همکاران ۱۳۸۹). آنها دلیل کاهش درصد ساقه در کشت مخلوط را سایه اندازی شبدر روی مرزه و کاهش جذب نور و

محدودیت رشد ساقه های مرزه دانسته اند. در تحقیق علی زاده و همکاران (۱۳۸۹) در مورد عملکرد، اجزای عملکرد و پتانسیل کنترل علف هرز دو گیاه لوبیا و ریحان بذری در شرایط کشت مخلوط، شاخه های جانبی ریحان در تیمارهای کشت مخلوط و بدون کنترل علف هرز به طور معنی داری کاهش یافت، که نتایج آزمایش آنها با یافته های تحقیق حاضر هماهنگ است. به طور کلی در تراکم های پایین گیاهی، به دلیل کمتر بودن رقابت درون گونه‌ای و نیز وجود فضای بیشتر برای توسعه انشعابات بوته، گیاهان با استفاده از منابع موجود مقدار بیشتری شاخه فرعی تولید می‌نمایند، اما با افزایش تراکم گیاهی از تعداد شاخه فرعی کاسته می‌شود (پیتر و ویلسون ۱۹۸۱

).



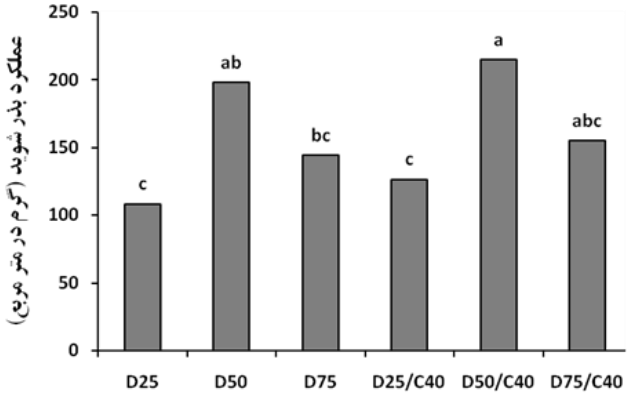
شکل ۳-تغییرات تعداد شاخه فرعی در بوته شوید در سطوح سیستم کشت [کشت خالص شوید با تراکم ۲۵ (D25)، ۵۰ (D50)، ۷۵ (D75) بوته در متر مربع و کشت مخلوط افزایشی ۲۵ بوته شوید به ۴۰ بوته در متر مربع لوبیا (D25/C40)، ۵۰ بوته شوید به ۴۰ بوته در متر مربع لوبیا (D50/C40)، ۷۵ بوته شوید به ۴۰ بوته در متر مربع لوبیا (D75/C40)]

قارچ مایکوریزا آربوسکولار در افزایش شاخص‌های رویشی گیاه شوید مؤثر بود. اسماعیل پور و همکاران (۱۳۹۲) اظهار داشتند که بیشترین مقادیر تعداد برگ، سطح و وزن خشک برگ، ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، وزن خشک ساقه، طول و وزن خشک ریشه در تلقیح گیاه مرزه با قارچ مایکوریزا آربوسکولار به دست آمد و کمترین مقدار برای این صفات در تیمار شاهد بدون قارچ میکوریزا حاصل شد. مرادی (۲۰۰۹) نیز در مطالعه خود بر روی تأثیر انواع کودهای آلی و بیولوژیک بر گیاه دارویی رازیانه، افزایش تعداد شاخه اصلی و فرعی را گزارش کرد، وی نیز این موضوع را به فراهمی بیشتر عناصر غذایی برای گیاه نسبت داد. قارچ مایکوریزا باعث تحریک ترشح هورمون ها و افزایش جذب فسفر توسط گیاه می شود. لذا، با توجه به نقش اکسین در انگیزش ریشه های نابجا (دروئگه و همکاران ۲۰۰۷) و همچنین نقش فسفر در بهبود ریشه زایی در گیاهان، افزایش عمق ریشه ها، می تواند ساده ترین استنباط از مکانیزم تأثیر قارچ مایکوریزا بر رشد گیاهان باشد.

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس داده ها نشان داد که بین سطوح سیستم کشت از لحاظ عملکرد دانه اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد وجود دارد (جدول ۲). در مقایسه با کشت خالص شوید (۲۵ بوته در متر مربع)، کشت مخلوط افزایشی شوید و لوبیا (۵۰/۴۰) باعث افزایش عملکرد دانه گیاه شوید گردید، درحالی که اختلاف معنی داری بین کشت مخلوط افزایشی (۷۵/۴۰ و ۵۰/۴۰) و (۷۵ و ۵۰ بوته در متر مربع) از لحاظ عملکرد دانه مشاهده نگردید (شکل ٤). در تحقیق سنجانی و همکاران (۲۰۰۹) روی کشت مخلوط سورگوم و لوبیا

چشم بلبلی اظهار شد که تک کشتی سورگوم عملکرد کمتری نسبت به مخلوط افزایشی این دو گیاه داشته است. افزایش محصول کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص را می توان به تفاوت در سیستم ریشه این گیاهان و استفاده مطلوب از شرایط محیطی نسبت داد. تثبیت بیولوژیکی نیتروژن توسط ریشه های گیاهان تثبیت کننده نیتروژن یکی دیگر از عوامل مؤثر در افزایش کارایی کشت مخلوط این گیاهان به شمار می آید. به طوری که می توان گفت گیاه لوبیا در کشت مخلوط از نیتروژن اتمسفر و گیاه شوید از نیتروژن موجود در خاک استفاده نموده و به این ترتیب از نظر جذب مواد غذایی به عنوان مکمل یکدیگر عمل نموده اند. مظاهری (۱۳۷۷) در مطالعات خود بیان نمود، اگرچه در مخلوط ذرت و لوبیا نسبت برابری زمین بیش از واحد بوده، ولی هنگامی که از غده های تثبیت نیتروژن در لوبیا جلوگیری به عمل آمد هر دو گیاه برای جذب نیتروژن با یکدیگر رقابت کرده، و مقدار نسبت برابری زمین از یک کمتر گردید. هاگارد و همکاران (۲۰۰۱) در تحقیقی که بر کشت مخلوط لوبیا و جو انجام دادند، بیان نمودند که نور، آب و مواد غذایی ممکن است که به طور کامل توسط گیاه در کشت مخلوط جذب گردد، که این جذب را در نتیجه اختلاف در توانایی رقابت برای فاکتورهای رشدی بین گیاهان در مخلوط دانسته اند و اگر رقابت بین گونه ای کمتر از درون گونه ای باشد گیاهان در کشت مخلوط برای آشیان های اکولوژیکی یکسان رقابت نمی کنند. آگگنهو و همکاران (۲۰۰۶) در بررسی کشت مخلوط جو و باقلا نیز افزایش عملکرد جو را در کشت مخلوط نسبت به تک کشتی این گیاه گزارش کردند و این امر را به کنترل بهتر علف هرز در کشت مخلوط و تثبیت نیتروژن توسط باقلا نسبت دادند.



شکل ۴- تغییرات عملکرد دانه شوید در سطوح سیستم کشت [کشت خالص شوید با تراکم ۲۵ (D25)، ۵۰ (D50)، ۷۵ (D75) بوته در متر مربع و کشت مخلوط افزایشی ۲۵ بوته شوید به ۴۰ بوته در متر مربع لوبیا (D25/C40)، ۵۰ بوته شوید به ۴۰ بوته در متر مربع لوبیا (D50/C40)، ۷۵ بوته شوید به ۴۰ بوته در متر مربع لوبیا (D75/C40)]

لوبیا

وزن غلاف

همچنان که در جدول تجزیه واریانس داده ها مشاهده می گردد بین سطوح مختلف سیستم کشت و کاربرد مایکوریزا از لحاظ وزن غلاف اختلاف معنی داری وجود داشت (جدول ٤). مقایسه میانگین داده ها نشان داد که کشت مخلوط افزایش شوید و لوبیا باعث افزایش معنی-دار وزن غلاف گیاه لوبیا گردید به طوری که بیشترین وزن غلاف (۲۵۷/٦ گرم در متر مربع) در شرایط کشت مخلولط ۵۰/٤۰ مشاهده شد (شکل ۵). کاربرد مایکوریزا باعث افزایش معنی دار وزن غلاف گیاه لوبیا در شرایط کشت مخلوط شوید و لوبیا گردید (جدول ۵).

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس داده ها برای مقادیر صفات وزن غلاف، تعداد غلاف، تعداد دانه در غلاف و عملکرد دانه گیاه لوبیا تحت تأثیر سطوح سیستم کشت و کاربرد قارچ مایکوریزا

منابع تغییر		میانگین مربعات MS			
	df	وزن غلاف	تعداد غلاف	تعداد دانه در غلاف	عملکرد دانه
تکرار	۲	۲۳۹۵ ns	۲۰۲۲ ns	۰/۰۴۱ ns	٤٩٦٤ *
سیستم کشت	۳	۱۹٤۸۸**	۳۹۰۵۳***	۰/۷۲۲ ns	٤٨٩٤*
مایکوریزا	۱	۲۳۹۷۱***	۲۱۳۳۰***	۰/٦٦٦ ns	١٤٥٠٤***
سیستم کشت× مایکوریزا	۳	۲۳٤۸ ns	٤٤۸۱ ns	۰/۳۳۳ ns	۷۲۹ ns
خطای آزمایشی	١٤	۲۱۱۵	۱۵۳٦	/٤۲۲	۱۳۳۲
ضریب تغییرات (درصد)		۱۳/۷	۱۸/۸٤	۱۲/۵۰	۲٦/۱

Ns، *، **، *** بترتیب غیرمعنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۵ ، ۱ و ۰/۱ درصد میباشد.

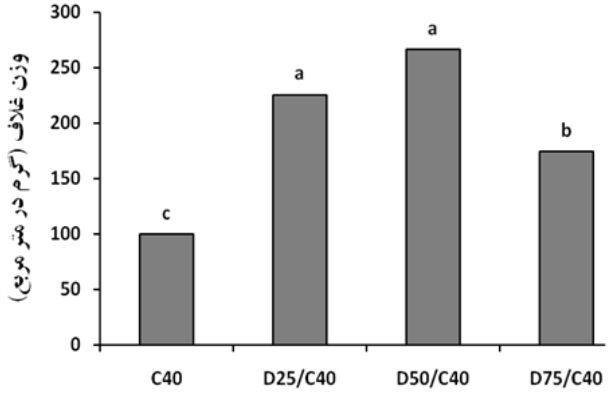
جدول ۵- مقایسه میانگین وزن غلاف، تعداد غلاف و عملکرد دانه لوبیا تحت تأثیر کاربرد قارچ مایکوریزا

	وزن غلاف (گرم در متر مربع)	تعداد غلاف (درمتر مربع)	عملکرد دانه (گرم در متر مربع)
کاربرد مایکوریزا	۲۰۸/۸a	۲٤۵/۳۹a	۱۵۱/۸a
عدم کاربرد مایکوریزا	۱٤۵/۵b	۱۸۵/۷۷b	۱۰۲/٦b
LSD (۵ درصد)	٤۰/۲	۳٤/۳۲	۳۱/۹

بررسی‌های مختلف نشان داده است که در صورت انتخاب آرایش کاشت و تراکم مناسب در کشت مخلوط، جذب آب و مواد غذایی به دلیل تفاوت در توانایی رقابت بین گیاهان مختلف افزایش می یابد (هوگارد-نیلسون و همکاران ۲۰۰۱). بنابراین به نظر می رسد که در بین الگوهای مختلف کشت مخلوط لوبیا و شوید دارای رقابت بین گونه ای کمتری در مقایسه با رقابت درون گون های بوده و باعث شده است تا گیاهان همراه در این الگو برای نیچ های اکولوژیکی یکسان رقابت نکنند که این امر در نهایت منجر به افزایش رشد و عملکرد در این شرایط گردیده است. از طرف دیگر چنین به نظر می رسد که کاهش نسبی وزن غلاف و تعداد غلاف در گیاه لوبیا در شرایط کشت مخلوط ۷۵/٤۰ احتمالاً به دلیل بالا بودن رقابت بین گونه ای در مقایسه با رقابت درون گونه ای بین بوته های دو گونه باشد (کوچکی و همکاران ۱۳۹۱). نتایج تحقیق حاضر نشان داد کاربرد قارچ مایکوریزا باعث افزایش وزن غلاف لوبیا گردید. قارچ‌های مایکوریزا با بهبود وضعیت هورمونی در درون گیاهان در کنترل عمل باز و بسته شدن روزنه های برگ نقش داشته و نیز با افزایش جذب آب در اثر گستردگی شبکه هیف های خود مشکلات کاهش جذب آب در شرایط رقابت گیاهان در محیط ریشه برای جذب این منبع در حالت کشت مخلوط را کاهش می دهند (رولدان-فاگرادو و همکاران ۱۹۸۲). مشخص شده سرعت فتوسنتز و بازده مصرف آب در گیاهان همزیست با قارچهای میکوریزایی، افزایش و از میزان تعرق آنها کاسته می شود (رویز لوزانو و همکاران ۱۹۹٦).

تعداد غلاف

نتایج تجزیه واریانس داده ها نشان داد که بین سطوح سیستم کشت و کاربرد مایکوریزا اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۰/۱ درصد از لحاظ تعداد غلاف گیاه لوبیا



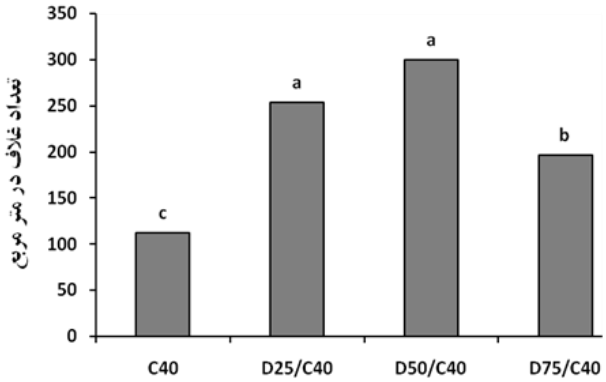
شکل ۵- مقایسه میانگین وزن غلاف لوبیا در سطوح سیستم کشت [کشت خالص شوید با تراکم ۲۵ (D25)، ۵۰ (D50)، ۷۵ (D75) بوته در متر مربع و کشت مخلوط افزایشی ۲۵ بوته شوید به ۴۰ بوته در متر مربع لوبیا (D25/C40)، ۵۰ بوته شوید به ۴۰ بوته در متر مربع لوبیا (D50/C40)، ۷۵ بوته شوید به ۴۰ بوته در متر مربع لوبیا (D75/C40)]

لوبیا باعث افزایش معنی دار تعداد غلاف گیاه لوبیا در متر مربع نسبت به کشت خالص لوبیا گردید. همانگونه که ملاحظه می گردد بالاترین مقادیر تعداد غلاف گیاه لوبیا به ترتیب به کشت مخلوط افزایشی شوید و لوبیا در تراکم های ۵۰/۴۰ و ۲۵/۴۰ تعلق داشت (شکل ٦).

یوج جینانایج و همکاران (۱۹۹۱) نیز با کشت مخلوط آفتابگردان و لوبیا به روش افزایشی اعلام کردند که در کشت مخلوط، لوبیا از آفتابگردان به عنوان قیم استفاده کرده و عملکرد دانه لوبیا افزایش یافت و از بین اجزای عملکرد دانه لوبیا فقط تعداد غلاف در بوته به طور معنی داری تحت تأثیر قرار گرفت و افزایش پیدا کرد. سلیم و همکاران (۲۰۰۳) طی آزمایشی اعلام کردند که با کشت مخلوط آفتابگردان و لوبیا شرایط محیطی مناسبی برای رشد لوبیا فراهم گردید و تعداد غلاف در بوته لوبیا افزایش یافت. همچنین در کشت مخلوط افزایشی خردل و نخود نیز مقدار عملکرد دانه در بوته نخود، از طریق افزایش تعداد غلاف ها به مقدار ٤٠ درصد نسبت به کشت خالص آن افزایش پیدا کرد (مظاهری ۱۳۷۷). تعداد غلاف در بوته سویا در کشت مخلوط سویا و نعناع بالاتر از کشت خالص سویا بود و عامل اصلی تعداد دانه بالاتر در بوته تعداد غلاف بالاتر گزارش گردید (مافی و موک سیاریلی ۲۰۰۳).

نتایج نشان داد کاربرد قارچ مایکوریزا باعث افزایش تعداد غلاف لوبیا گردید. نتایج مطالعه ای نشان داد که تلقیح با باکتری رایزوبیوم و قارچ مایکوریز موجب افزایش تعداد غلاف در لوبیا نسبت به تیمار شاهد گردید (بهت و همکاران ۲۰۱۰). تأثیرات مثبت مایکوریزا را می‌توان به بهبود جذب عناصر ضروری بخصوص عنصر فسفر توسط قارچ‌های مایکوریزا نسبت داد (چن و همکاران ۲۰۰۳). مطالعات زیادی نیز افزایش جذب فسفر و تأثیرات مثبت آن توسط قارچ را به جذب فعال فسفر از خاک و فعالیت میسیلیوم‌های خارج ریشه‌ای قارچ و انتقال آن به گیاه نسبت داده است (وگل-میکوس و همکاران ۲۰۰۵). در بررسی که توسط بهت و همکاران (۲۰۱۰) انجام شد مشخص گردید که افزایش تأمین فسفر برای گیاه میزبان توسط قارچ مایکوریز موجب افزایش تعداد گره‌های ریشه می‌شود. میزان فسفر و سرعت فتوسنتز گیاهان دارای قارچ مایکوریز در مقایسه با گیاهان فاقد مایکوریزا بیشتر است. در نتیجه اثر این عوامل، اندازه گره و انرژی جهت تثبیت نیتروژن افزایش

می‌یابد. علیمددی و همکاران (۱۳۸۹) گزارش کردند تلقیح گیاه نخود با قارچ مایکوریزا و باکتری ریزوبیوم در تشکیل گره بر روی ریشه گیاه مؤثر واقع شد. به نظر می‌رسد که یک حالت همزیستی چند جانبه بین لوبیا، قارچ مایکوریزا و باکتری ریزوبیوم وجود دارد به طوری که قارچ مایکوریزا با افزایش سطح جذب مواد غذایی از جمله فسفر برای ریشه گیاه و باکتری با چسبیدن به سطح هیف‌های قارچ مایکوریزا و در نهایت نفوذ به داخل ریشه گیاه، می‌تواند در تشکیل تعداد گره اثر مثبتی داشته و از آن جای که تشکیل گره بر روی ریشه نیاز شدیدی به فسفر دارد (مرزبان ۱۳۹۰)، لذا می توان اظهار داشت که کاربرد مایکوریزا از طریق بهبود گره زایی توسط ریشه گیاه لوبیا به واسه تأمین فسفر مورد نیاز گیاه باعث افزایش تثبیت نیتروژن برای گیاه شده و از این طریق موجبات رشد و نمو آن را فراهم آورده است.



شکل ۶- مقایسه میانگین تعداد غلاف گیاه لوبیا در سطوح سیستم کشت [کشت خالص شوید با تراکم ۲۵ (D25)، ۵۰ (D50)، ۷۵ (D75) بوته در متر مربع و کشت مخلوط افزایشی ۲۵ بوته شوید به ۴۰ بوته در متر مربع لوبیا (D25/C40)، ۵۰ بوته شوید به ۴۰ بوته در متر مربع لوبیا (D50/C40)، ۷۵ بوته شوید به ۴۰ بوته در متر مربع لوبیا (D75/C40)]

تعداد دانه در غلاف

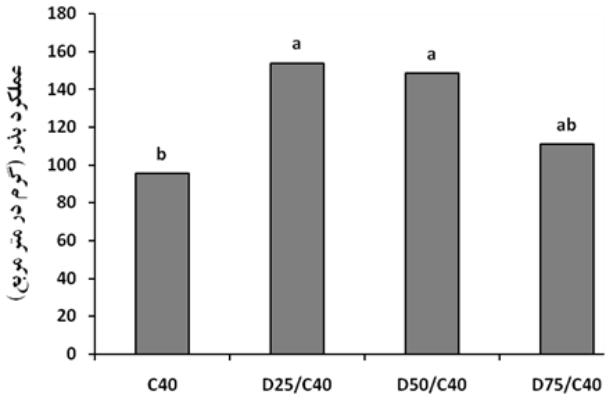
نتایج تجزیه واریانس داده ها (جدول ٤) نشان داد که سیستم کشت و کاربرد مایکوریزا تأثیر معنی داری بر تعداد دانه در غلاف گیاه لوبیا در طول دو سال آزمایش نداشتند. کاروترز و همکاران (۲۰۰۰) با کشت مخلوط ذرت و لوبیا اعلام کردند که تعداد دانه در نیام لوبیا تحت تأثیر واقع نمی شود. مظاهری و همکاران (۱۳۸۱) در تحقیقی روی کشت مخلوط ارقام سویا گزارش کردند که تغییرات تعداد دانه در نیام در گیاه سویا در تراکم‌های مختلف دارای تفاوت معنی داری نبود و اظهار کردند که تعداد دانه در نیام نسبت به تعداد نیام در بوته از تغییرات کمتری برخوردار است و کمتر تحت تأثیر شرایط محیطی و مدیریت زراعی قرار می‌گیرد. رضایی چیانه (۱۳۸۷) در کشت مخلوط ذرت و باقلا نیز نتایج مشابهی روی گونه‌های مورد مطالعه به دست آوردند. بنابراین، به نظر می‌رسد که افزایش رقابت بین گونه‌ای در کشت مخلوط شوید و لوبیا تأثیر چندانی بر تعداد دانه‌ها در غلاف ندارد.

عملکرد دانه

همان طوری که در جداول تجزیه واریانس داده ها ملاحظه می گردد تأثیر سطوح سیستم کشت و کاربرد قارچ مایکوریزا بر عملکرد دانه لوبیا معنی دار بوده است (جدول ٤). برهمکنش سیستم کشت و کاربرد مایکوریزا بر عملکرد دانه لوبیا معنی دار نشد. مقایسه میانگین داده ها نشان می دهد کشت مخلوط افزایشی شوید و لوبیا

(۲۵/۴۰ و ۵۰/۴۰) نسبت به کشت خالص لوبیا باعث افزایش عملکرد دانه لوبیا گردید (شکل ۷). این افزایش احتمالاً به دلیل افزایش پوشش گیاهی و نزدیک شدن آنها به تراکم مطلوب در شرایط مخلوط و استفاده بهتر از منابع محیطی می باشد. اختلاف معنی داری بین کشت مخلوط ۷۵/۴۰ و کشت خالص لوبیا از لحاظ عملکرد دانه مشاهده نگردید.

جایگزین کردن الگوی افزایشی به جای الگوی جایگزینی، روشی است که تاکنون بسیاری از محققین مناسب بودن آن را ثابت کرده اند (جوانشیر و همکاران ۱۳۷۹). رقابت در کشت خالص (رقابت درون گونه ای) با افزایش تراکم زودتر به وقوع می پیوندد و شدیدتر خواهد شد. درحالی که در الگوی کشت مخلوط با توجه به نیاز متفاوت گونه ها، رقابت آنها کمتر خواهد بود و سودمندی گونه های همراه در این الگوی کاشت به میزان رقابت بین گونه ای نسبت به رقابت درون گونه ای وابسته است (شریفی و همکاران ۱۳۸۵). در آزمایشی که توسط ونکسو و همکاران (۲۰۰۵) صورت گرفت مشاهده شد، در کشت مخلوط ذرت و باقلا راندمان مصرف نیتروژن نسبت به تک کشتی این دو گونه بالا رفت. این استفاده بهینه از نیتروژن خاک و نیتروژن تثبیت شده توسط گره های ریشه باقلا باعث افزایش معنی دار میزان کلروفیل و فتوسنتز برگی و بالطبع سبب بالا رفتن عملکرد ذرت شد. بین نیتروژن، میزان کلروفیل و عملکرد مطلوب ذرت در کشت های مخلوط با سورگوم های دانه ای به ویژه باقلا همبستگی مثبت و قابل قبول وجود دارد (آرگنتا و همکاران ۲۰۰۴). به طور کلی، عملکرد در کشت مخلوط به دلیل استفاده مؤثرتر از نور (هاوگارد-نیلسون و همکاران ۲۰۰۳)، اثرات آللوپاتیک بر روی علفهای هرز (پودنام و دوک ۱۹۷۸) و انتقال نیتروژن تثبیت شده به گیاه مجاور (کامار و همکاران ۱۹۹۹) افزایش می یابد.



شکل ۷- مقایسه میانگین عملکرد دانه لوبیا در سطوح سیستم کشت [کشت خالص شوید با تراکم ۲۵ (D25)، ۵۰ (D50)، ۷۵ (D75) بوته در متر مربع و کشت مخلوط افزایشی ۲۵ بوته شوید به ۴۰ بوته در متر مربع لوبیا (D25/C40)، ۵۰ بوته شوید به ۴۰ بوته در متر مربع لوبیا (D50/C40)، ۷۵ بوته شوید به ۴۰ بوته در متر مربع لوبیا (D75/C40)]

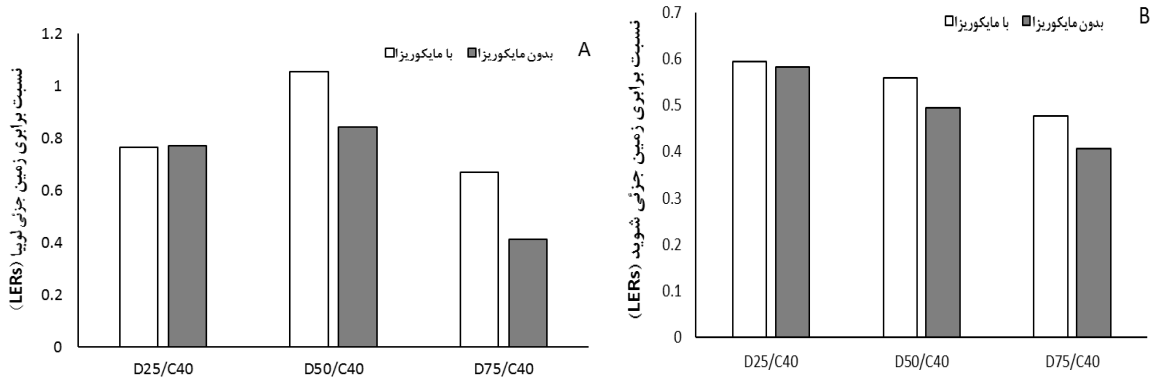
نتایج تحقیق حاضرنشان داد که کاربرد قارچ مایکوریزا به طور قابل ملاحظه ای باعث افزایش عملکرد دانه گیاه لوبیا گردید (جدول ۵). در مطالعه‌ای تلقیح توأم بذور لوبیا چشم بلبلی با قارچ مایکوریز آربوسکولار گونه (*Glomus mossea*) و باکتری ریزوبیوم موجب بیشتر شدن عملکرد ماده خشک، تعداد غلاف و عملکرد دانه شد (بابی و همکاران ۲۰۰۸). به نظر می‌رسد که قارچ مایکوریزا آربوسکولار به واسطه انشعابات میسلیومی خود سطحی اضافه را برای جذب آب و عناصر غذایی به وجود آورده است و در نتیجه دریافت آب و مواد معدنی

افزایش یافته و به تبع آن فرایند فتوسنتز نیز بهبود می-یابد و عملکرد دانه گیاهان زراعی رابطه نزدیکی با اسیمیلاسیون فتوسنتزی خالص CO_2 دارد. در گیاهان مایکوریزایی سرعت فتوسنتز افزایش می‌یابد تا نیاز همزیستی قارچ مایکوریزا تأمین شود این عمل از طریق افزایش مقدار تثبیت CO_2 به ازای واحد برگ انجام می-گیرد. شواهد زیادی وجود دارد که با وجود انتقال بیشتر مواد فتوسنتزی به ریشه‌ها در گیاهان مایکوریزایی این انتقال تأثیری بر وزن خشک گیاه نمی‌گذارد. بنابراین افزایش فتوسنتز توسط قارچ مایکوریزا جذب عناصر غذایی در خاک را افزایش می‌دهد و همین امر موجب ذخیره بیشتر مواد غذایی در دانه شده و در نهایت وزن صد دانه نیز افزایش می‌یابد (مرزبان ۱۳۹۰). تلقیح با مایکوریزا باعث افزایش مقادیر سیتوکنین و کلروفیل در گیاهان می شود و در نهایت رشد گیاه را افزایش می دهد (آلن و همکاران ۱۹۸۰). تانگ جان و همکاران (۲۰۱۰) بیان داشتند که استفاده از قارچ مایکوریزا در کشت مخلوط برنج و باقلا مقدار بیوماس باقلا را در حدود ۶۰/۸ تا ۲۸۸ درصد به ترتیب نسبت به تک کشتی و بدون تلقیح با قارچ مایکوریزا افزایش داد. قارچ‌های مایکوریزا پس از همزیست شدن با گیاهان میزبان بر جنبه‌های مختلف فیزیولوژیکی و بیوشیمیائی گیاه تأثیر می‌گذارند و موجب بهبود رشد و نمو آن می‌شوند (استردا- لونا و دیویس ۲۰۰۳). یکی از دلایل افزایش عملکرد گیاهانی که با مایکوریزا تلقیح می‌شوند این است که این قارچ ها موجب افزایش فتوسنتز در گیاه میزبان می‌شوند. برخی از محققین افزایش در سرعت فتوسنتز گیاهان مایکوریزایی شده را گزارش کرده اند (والتین و همکاران ۲۰۰۶). عده‌ای از محققین معتقدند که مایکوریزا باعث افزایش سرعت فتوسنتز در واحد سطح برگ گیاه میزبان می‌شود و دلیل این امر را افزایش غلظت نیتروژن برگ و به تبع آن افزایش مقدار کلروفیل سیستم فتوسنتزی و افزایش راندمان فسفر فتوسنتزی، افزایش فعالیت آنزیم های مانند نیترات ریداکتاز، نیتروژناز و گلوتامین سینتتاز در گیاه میزبان می‌دانند (استردا- لونا و دیویس۲۰۰۳).

نسبت برابری زمین جزئی (LERs) و مجموع عملکرد نسبی (RYT)

همچنان که در شکل A,B ۸ مشاهده می گردد به طور کلی نسبت برابری زمین جزئی لوبیا بیشتر از گیاه شوید می باشد که بیانگر این واقعیت است که افزایش عملکرد کشت مخلوط بیشتر مربوط به گیاه لوبیا بوده است. مجموع عملکرد نسبی کل به جزء کشت مخلوط ۷۵:۴۰ شوید با لوبیا برای همه ترکیب‌های کشت مخلوط بیشتر از یک بود. در شرایط کشت مخلوط، کاربرد قارچ مایکوریزا نسبت به عدم کاربرد آن باعث افزایش مجموع عملکرد نسبی گردید (شکل ۹). بر اساس میانگین داده ها بالاترین RYT به به تیمار کشت مخلوط افزایشی ۵۰:۴۰ شوید با لوبیا و کاربرد مایکوریزا (۱/۶۱) مربوط بود. اختلافات مورفولوژیک شوید و لوبیا و در نتیجه ایجاد اشکوب‌های مختلف و استفاده مکملی از منابع، بهره‌برداری بهتر از نور و یا افق‌های مختلف خاک می‌تواند دلیل RYT بزرگتر از یک باشد. آبراهام و سینگ (۱۹۸۴) اظهار داشتند که افزایش RYT در کشت مخلوط به بیشتر از یک به دلیل افزایش جذب نیتروژن است. راجسوارا (۲۰۰۲) افزایش نسبت برابری زمین در کشت مخلوط نعناع و همچنین گوجه فرنگی و نعناع با شمعدانی معطر را گزارش کرد. در کشت مخلوط شبدر ایرانی و مرزه LER کل تا ۱/۸ نیز گزارش شده است (حسن زاده اول و همکاران، ۱۳۸۹). به نظر می‌رسد در شرایط کشت مخلوط، قارچ مایکوریزا در تشکیل و ثبات خاکدانه‌های خاک نقش مهمی داشته و در نتیجه هدایت هیدرولیکی خاک بهبود یافته و باعث توسعه سیستم ریشه‌ای و بهبود جذب آب و عناصر غذایی شده است (آوگ، ۲۰۰۱). قارچ‌های مایکوریزا با داشتن شبکهٔ هیفی گسترده و افزایش سطح و سرعت جذب ریشه، کارایی گیاهان را در جذب آب و عناصرغذایی به ویژه عناصر کم تحرک مانند فسفر، روی و مس افزایش داده

و موجب بهبود رشد آنها می‌شوند (مارسچنر و دل، ۱۹۹٤). همچنین تولید و ترشح آنزیم فسفاتاز توسط ریسه‌های مایکوریزا باعث می‌شود که فسفات غیرمحلول و تثبیت شده در خاک به فرم محلول در آید و برای ریشه قابل جذب گردد (سونگ، ۲۰۰۵). با توجه به نقشی که آب و مواد غذایی در رشد و نمو گیاه دارند و همچنین با عنایت به تأثیری که قارچ مایکوریزا در افزایش جذب این عوامل برای گیاه می تواند داشته دباشد، می توان اظهار داشت که قارچ مایکوریزا از طریق افزایش جذب آب و مواد غذایی برای گیاه در شرایط کشت مخلوط سبب بهبود عملکرد دانه (جدول ۵) شده و از این طریق موجب بهبود شاخص های ارزیابی کشت مخلوط شده است.



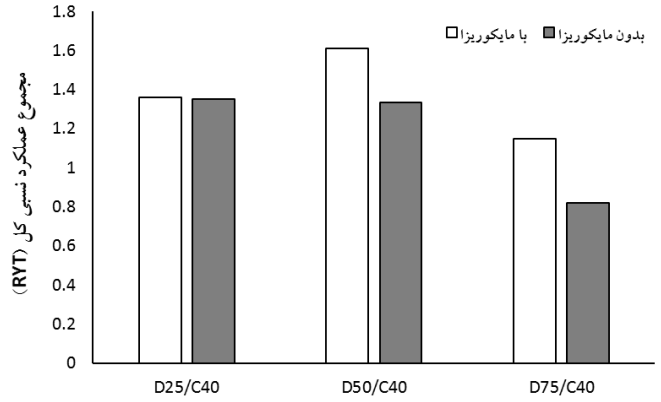
شکل ۸- نسبت برابری زمین جزئی (LERs) برای لوبیا (A) و شوید (B)، تحت تأثیر سطوح سیستم کشت [کشت خالص شوید با تراکم ۲۵ (D25)، ۵۰ (D50)، ۷۵ (D75) بوته در متر مربع و کشت مخلوط افزایشی ۲۵ بوته شوید به ۴۰ بوته در متر مربع لوبیا (D25/C40)، ۵۰ بوته شوید به ۴۰ بوته در متر مربع لوبیا (D50/C40)، ۷۵ بوته شوید به ۴۰ بوته در متر مربع لوبیا (D75/C40)]

مجموع ارزش نسبی (RVT)

همچنان که در شکل ۱۰ مشاهده می گردد مقادیر RVT در تمام تیمارهای کشت های مخلوط افزایشی شوید با لوبیا بیشتر از یک بود، که نشان دهنده سودمندی اقتصادی این کشت های مخلوط نسبت به کشت های خالص می باشد. کاربرد قارچ مایکوریزا در شرایط کشت مخلوط در اغلب موارد باعث افزایش RVT گردید. بیشترین سودمندی اقتصادی در کشت مخلوط افزایشی ۵۰:٤۰ شوید با لوبیا و کاربرد مایکوریزا (۲/۰۲) حاصل شد. اختلافات مرفولوژیک و فیزیولوژیک بین بقولات و غیربقولات در کشت مخلوط یکی از دلایل اصلی بروز روابط همزیستی دو جانبه مثبت یا تسهیل می باشد (آکودا، ۲۰۰۱). تفاوت در عمق ریشه دهی، گسترش شعاعی ریشه و تراکم طول ریشه احتمالا از عواملی هستند که بر رقابت دو جزء در کشت مخلوط برای آب و عناصر غذایی تأثیر گذاشته و باعث افزایش کارایی استفاده از زمین می شوند.

از نظر رقابت چنین استنباط می‌شود که گونه‌های مختلف گیاهی در مجاورت یکدیگر برای جذب عنصر بخصوصی رقابت نمی‌نمایند یا به عبارت دیگر اثر رقابت برون گونه‌ای مساوی و یا کمتر از رقابت درون گونه‌ای است. در چنین حالتی گیاهان نه تنها با یکدیگر رقابت نمی‌نمایند بلکه مکمل یکدیگر هم هستند. به علت استفاده مؤثر از منابع موجود، میزان کمیت و کیفیت در کشت مخلوط افزایش می‌یابد. جذب بیشتر تابش فعال فتوسنتزی، آب و تثبیت بیولوژیک نیتروژن در کشت مخلوط می‌تواند دلیل اصلی افزایش عملکرد آن نسبت به

کشت خالص باشد به عبارت دیگر ثبات تولید در کشت مخلوط بیشتر است. در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص از آب و منابع به طور مطلوب تری استفاده می‌شود و عملکرد بیشتری تولید می‌کنند با کشت لوبیا به عنوان یکی از اجزاء ترکیب شونده در کشت مخلوط با شوید و قارچ مایکوریزا می‌توان به تثبیت بیولوژیک نیتروژن و افزایش جذب فسفر که از عناصر پر مصرف گیاه بوده استفاده نمود و با کاهش هزینه‌های تولید کمیت و کیفیت را در کشت مخلوط افزایش داد.



شکل ۹- مجموع عملکرد نسبی کل (RYT) لوبیا و شوید در سطوح سیستم کشت [کشت خالص شوید با تراکم ۲۵ (D25)، ۵۰ (D50)، ۷۵ (D75) بوته در متر مربع و کشت مخلوط افزایشی ۲۵ بوته شوید به ۴۰ بوته در متر مربع لوبیا (D25/C40)، ۵۰ بوته شوید به ۴۰ بوته در متر مربع لوبیا (D50/C40)، ۷۵ بوته شوید به ۴۰ بوته در متر مربع لوبیا (D75/C40)]. تحت شرایط کاربرد و عدم کاربرد قارچ مایکوریزا

نتیجه گیری نهایی

نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان داد که در گیاه شوید، در شرایط کشت مخلوط افزایشی شوید با لوبیا، عملکرد دانه افزایش پیدا کرد. در حالی که کشت مخلوط باعث کاهش تعداد چتر در بوته، تعداد چترک در بوته و تعداد شاخه فرعی در بوته گردید. در لوبیا، کشت مخلوط افزایشی شوید و لوبیا باعث وزن غلاف، تعداد غلاف و عملکرد دانه گردید. نتایج نشان داد که کاربرد قارچ مایکوریزا در گیاه شوید باعث افزایش تعداد چتر در بوته، تعداد چترک در بوته، تعداد شاخه فرعی در بوته، عملکرد دانه گردید. همچنین، در گیاه لوبیا وزن غلاف، تعداد غلاف و عملکرد دانه با کاربرد قارچ مایکوریزا به طور معنی داری افزایش پیدا کرد. مجموع عملکرد نسبی برای بیشتر ترکیب‌های کشت مخلوط بیشتر از یک بود. که نشان دهنده سودمندی کشت مخلوط نسبت به کشت خالص شوید و لوبیا می باشد. از آنجا که این آزمایش در سیستم کم نهاده اجرا شد بنابراین می توان نتیجه گرفت که کشت مخلوط یکی از راهکارهای مناسب برای دسترسی به عملکرد مطلوب با حداقل مصرف یا بدون مصرف نهاده های خارجی است که در بلند مدت منجر به کاهش یا عدم وابستگی سیستم های زراعی به انرژی های فسیلی و افزایش پایداری آنها می شود.

منابع مورد استفاده

اسماعیل پور ب، جلیلوند، پ و هادیان ج، ۱۳۹۲. تأثیر تنش خشکی و قارچ میکوریزا بر برخی ازصفات مورفوفیزیولوژیک و عملکرد مرزه (*Satureja hortensis* L.). بوم شناسی کشاورزی، ۵(۲): ۱۷۷-۱۶۹.

جوانشیر ع، دباغ محمدی نسب ع، حمیدی آ و قلی پور م، ۱۳۷۹. اکولوژی کشت مخلوط (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

حسن زاده اول ف، کوچکی ع، خزاعی ح ر و نصیری محلاتی م، ۱۳۸۹. اثر تراکم بر خصوصیات زراعی و عملکرد مرزه (*Satureja hortensis* L.) و شبدر ایرانی (*Trifolium resupinatum* L.) در کشت مخلوط. پژوهش های زراعی ایران، ۸ (٦): ۹۲۹-۹۲۰.

شریفی ی، آقاعلیخانی م، مدرس ثانوی ع م و سروش زاده ع، ۱۳۸۵. تأثیر نسبت اختلاط و تراکم بوته بر تولید علوفه در کشت مخلوط سورگم با لوبیا چشم بلبلی. مجله علوم کشاورزی ایران، ۱-۳۷ (۳): ۳۷۰-۳٦۳.

شیرانی راد ا، هاشمی دزفولی ا و علیزاده ع، ۱۳۷۹. بررسی اثر قارچ مایکوریزا وزیکولار آربسکولار، فسفر و تنش خشکی بر کارایی جذب عناصر غذایی در گیاه گندم. نشریه نهال و بذر ایران، ۱٦: ۱۲۷-۱۲۲.

علی‌زاده ی، کوچکی ع و نصیری محلاتی م، ۱۳۸۹. بررسی خصوصیات زراعی، عملکرد، اجزای عملکرد و پتانسیل کنترل علف هرز دو گیاه لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) و ریحان رویشی (*Ocimum basilicum* L.) در شرایط کشت مخلوط . نشریه بوم شناسی کشاورزی، ۲(۳): ۳۸۳-۳۷۹.

علیمددی ا، جهانسوز م ر، حسین بشارتی ح و توکل افشاری ر، ۱۳۸۹. ارزیابی تأثیر ریزجانداران حل کننده فسفات، مایکوریزا و پرایمینگ بذر بر گره زایی در گیاه نخود. مجله پژوهشی خاک، ۲٤ (۱): ۵۳-٤۳.

کوچکی ع، شباهنگ ج، خرم دل س و امین غفوری ا، ۱۳۹۱. بررسی اکولوژیک الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis L.*) و لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.). نشریه بوم شناسی کشاورزی، ٤ (۱): ۱۱-۱.

مرزبان ز، ۱۳۹۰. تأثیر همزیستی توأم قارچ مایکوریزا آرباسکولار و باکتری مزوریزوبیوم بر کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم بلبلی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود.

مظاهری د، ۱۳۷۷. زراعت مخلوط. انتشارات دانشگاه تهران.

مظاهری د، پاساری ب و پیغمبری ع، ۱۳۸۱. بررسی کشت مخلوط ارقام مشخصی از سویا، مجله پژوهشی وسازندگی، ۵۵: ٥٤-٤۹.

نصیری محلاتی م و کوچکی ع، ۱۳۸۸. اگرواکولوژی. ترجمه (استفن آر . گلیسمن). دانشگاه فردوسی مشهد، ٤۵۳ صفحه.

ویسانی و، رحیم زاده خویی ف و سهرابی ی، ۱۳۹۱. تأثیر کودهای بیولوژیک بر صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و میزان اسانس گیاه دارویی ریحان. فصلنامهٔ علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۸(۱): ۸۷-۷۳.

Abraham CT and Sinch SP. 1984. Weed management in sorghum- legume intercropping systems. Jounal of Agricultural Science, 103: 103-115.

Agegnehu G, Ghizaw A and Sinebo W, 2006. Yield performance and land- use efficiency of barley and faba bean mixed cropping in Ethiopian high lands. European Journal of Agronomy, 25: 202-207.

Akuda EM. 2001. Intercropping and population density effects on yield component, seed quality and photosynthesis of sorghum and soybean. Journal of Food Technology (Africa) 6(3):170–172.

Allen MF, Moore TS and Christensen M, 1980. Phytohormone, changes in Bouteloua gracilis infected by vesicular-arbuscular mycorrhizae. I. Cytokinin increase in the host plant. Canadian Journal of Botany, 58: 371-374.

Argenta G, Silva PF and Sangoi L, 2004. Leaf relative chlorophyll content as a parameter to predict nitrogen fertilization in maize. Cienica Rural, Santa Maria, 34: 1379-1387.

Augé RM, 2001. Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. Mycorrhiza, 11: 3–42.

Bhat MI, Rashid A, Faisul-ur-Rasool SS, Mahdi SA and Raies A, 2010. Effect of Rhizobium and Vesicular arbuscular mycorrhizae Fungi on Green gram (*Vigna radiata* L. Wilczek) under Temperate Conditions. Research Journal of Agricultural Sciences, 1, 2: 113.

Boby VU, Balakrishna AN and Bagyaraj DJ, 2008. Interaction between *Glomus mosseae* and soil yeasts on growth and nutrition of cowpea. Juornal of Microbiological Research, 163 693-700.

Bowen GD and Rovira AD, 1999. The rhizosphere and its management to improve plant growth. Advances in Agronomy, 66: 1–102.

Carruthers K, Prithirviraj B, Clouter D, Martin RC and Smith DL, 2000. Intercropping corn with soybean, lupine and forages: Yield component responses. European Journal of Agronomy, 12: 103-115

Chen BD, Li XL, Tao HQ, Christie P and Wong MH, 2003. The role of arbuscular mycorrhiza in zinc uptake by red clover growing in calcareoussoil spiked with various quantities of zinc. Chemosphere, 50: 839-846

Druege U, Baltruschat H and Franke P, 2007. Piriformospora indica promotes adventitious root formation in cuttings. Scientia Horticulturae, 112: 422-426.

Estrada-Luna A and Davies A, 2003. Arbuscular Mycorrhizal fungi influence water relations, gas exchange, abscisic acid and growth of micropropagated chile ancho pepper (*Capsicum annuum*) plantlets during acclimatization and post-acclimatization. Juornal of Plant Physiology, 160: 1073-1083.

Gupta, M.L., Prasad A., Ram, M. and Kumar, S. 2002. Effect of the vesicul ararbuscular mycorrhizal (VAM) fungus *Glomus fasiculatum* on the essential oil yield related characters and nutrient acquisition in the crops of different cultivars of menthol mint (*Mentha arvensis*) under field conditions. Bioresource Technology, 81(4): 77-79.

Hauggaard- Nielsen H, Ambus P and Jensen ES, 2001. Interspecific competition, N use and interference with weeds in pea – barley intercropping. Field Crops Research, 70:101-109.

Humberto FC, 2004. Response to shading in Chenopodium album: The effect of the maternal environment and N source supplied. Canadian Journal of Botany, 82: 1371-1381.

Kapoor R, Giri B and Mukergi KG, 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in (*Foeniculum vulgare* mill) on mycorrhizal inoculation supplemented with P-fertilizer. Bioresource technology, 93: 307-311.

Kapoor R, Giri B and Mukerji KG, 2002. *Glomus macrocarpum*: a potential bioinoculant to improve essential oil quality and concentration in dill (*Anethum graveolens* L.) and carum (*Trachyspermum ammi* (Linn.) Sprague). World Journal of Microbiology and Biotechnology 18(5): 459-463.

Lithourgidis AS, Vasilakoglou IB, Dordas CA and Yiakoulaki MD, 2006. Forage yield and quality of commen vetch mixtures with oat and triticale in two seeding ratios. Field Crops Research, 99: 106-113.

Maeffei M and Mucciarelli M, 2003. Essential oil yield in peppermint/ soybean strip intercropping. Field Crop Research, 84: 229-240.

Marschner H and Dell B, 1994. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. Plant Soil, 159:89-102.

Moradi R, 2009. Effect of biological and inorganic fertilizers on yield, yield components and essence of fennel (*Foeniculum vulgare*). M.Sc. thesis of Agroecology, Ferdowsi University of Mashhad.

Peters NCB and Wilson JB, 1981. Some studies on the competition between (*Avena fatua* L.) and spring barley. II variation of A. fatua emergence and development and its influence oncrop yield. Journal of Weed Research, 23: 305-311.

Phillips JM and Hayman DS. 1970. Improved procedures clearing roots and staining parasitic and vesicular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Transaction of British Mycological Society, 55: 158-161.

Pudnam AR and Duke WB, 1978. Allelopaty in agroecosystems. Annual Review of Phytopathology, 16: 431-451.

Qamar IA, Keatinge JD, Noormohammad A, Ajmal Khan M, 1999. Interduction and management of vetch/barley forage mixtures in the rainfed areas of Pakistan. Forage Yield. Australian Journal of Agricultural Research, 37:234-239

Rajsawara, RBR. 2002. Biomass yield, essential oil yield and essential oil composition of rose-scented geranium (*Pelargonium* species) as influenced by row Spacing and intercropping with cornmint (*Mentha arvensis* L.f. *piperascens* Malin. ex Holmes). Industrial Crop Products, 16: 133-144.

Ruiz-Lozano JM and Azcon R, 1996. Mycorrhizal colonization and drought stress as factors affecting nitrate reductase activity in lettuce plants. Agriculture, Ecosystems and Environment, 60 (2-3): 175-181.

Saleem R, Umar FM and Ahmed R, 2003. Bioeconomic assessment of different sunflower based intercropping systems at different geometric configurations. Pakistan Journal of Biological Sciences, 6: 1187-1190.

Sanjani S, Hosseini MB, Chaichi MR and Rezvan Beidokhti S, 2009. Effect of additive intercropping sorghum: cowpea on weed biomass and density in limited irrigation system. Iranian Journal of Agronomic Research, 7: 85-95.

Sohrabi Y, Heidari G, Weisany W, Ghasemi Golezani K and Mohammadi K. 2012b. Changes of antioxidativ enzymes, lipi d peroxidation and chlorophyll content in chickpea types colonized by dif ferent *Glomus* species under drought stress. Symbiosis, 56:5-18.

Sohrabi, Y, Heidari G, Weisany W, Ghasemi Golezani K and Mohammadi K, 2012a. Some physiological responses of chickpea (*Cicer aritinum* l.) cultivars to arbuscular mycorrhiza under drought stress. Russian Journal of Plant Physiology, 59 (6): 708-716.

Song H, 2005. Effects of VAM on host plant in the condition of drought stress and its mechanisms. Electronic Journal of Biology, 1(3): 44-48.

Tennant D. 1975. A test of a modified line intersect method of estimating root length. Journal of Ecology, 63: 995-1001.

Tisdall, J.M. 1991. Fungal hyphae and structural stability of soil. Australian Journal of Soil Research, 29(6): 729-743.

Tong-jian X, Qing-song Y and Wei R, Guo-hua XU and Qi-rong SH, 2010. Effect of Inoculation with Arbuscular Mycorrhizal Fungus on Nitrogen and Phosphorus Utilization in Upland Rice-Mungbean Intercropping System. Journal Published by Elsevier Ltd., 9: 528 -545

Ujjinaiah US, Rajashekar BG, Venugopal N and Seenappa K, 1991. Sunflower pigeonpa intercropping Journal of Oilseed Research, 8 (1): 72 - 78.

Vogel-Mikus K, Drobne D and Regvar M, 2005. Zn, Cd and Pb accumulation and arbuscular mycorrhizal colonization of pennycress (*Thlaspi praecox* Wulf., Brassicaceae) from the vicinity of a lead mine and smelter Slovenia. Environmental Pollution, 133: 233-242.

Wenxue L, Long L, Jianhao S, Tianwen G, Fusuo Z, Xingguo B, Peng A and Tang C, 2005. Effects of intercropping and nitrogen application on nitrate presentinthe profile of orthic an orthic anthrosolwest china. Agriculture Ecosystems and Environment, 105: 483 – 491.

Willey, R. W. 1979. Intercropping its importance and research needs, Parts I and II, Field Crop Abstracts, 32: 1-73.