



خصوصیات زراعی ذرت و لوبیا چشم بلبلی در پاسخ به مصرف قارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم به صورت کشت مخلوط و خالص

زهرا مرزبان^{۱*}، محمدرضا عامریان^۲ و مجتبی ممرآبادی^۲

چکیده

به منظور مطالعه خصوصیات زراعی ذرت و لوبیا چشم بلبلی به مصرف قارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم در کشت مخلوط، آزمایشی در سال ۱۳۸۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود به اجرا درآمد. آزمایش به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی به صورت خالص و مخلوط بر اساس سری‌های افزایشی در ۱۰ تیمار شامل: Z= کشت خالص ذرت، B= کشت خالص لوبیا، I= کشت مخلوط ذرت و لوبیا، ZM= ذرت + قارچ میکوریزا، BM= لوبیا + قارچ میکوریزا، BB= لوبیا + باکتری مزوریزوبیوم، BMB= لوبیا + قارچ میکوریزا + باکتری مزوریزوبیوم، IM= کشت مخلوط + قارچ میکوریزا، IB= کشت مخلوط + باکتری مزوریزوبیوم، IMB= کشت مخلوط + قارچ میکوریزا + باکتری مزوریزوبیوم بودند. نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که اثر تیمار بر عملکرد دانه در بوته، محتوی کلروفیل برگ، وزن خشک غلاف لوبیا، وزن خشک بلال، تعداد دانه در بلال و نسبت برابری زمین جزیی هر دو گیاه معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد دانه در بوته لوبیا چشم بلبلی و ذرت با میانگین‌های ۱۰ و ۱۰۸ گرم در بوته به ترتیب در تیمارهای کشت خالص به همراه باکتری مزوریزوبیوم و کشت خالص ذرت به همراه قارچ میکوریزا مشاهده شد. همچنین، بیشترین میزان نسبت برابری زمین جزیی ذرت و لوبیا چشم بلبلی به ترتیب با میانگین‌های ۱/۷ و ۱/۴۷ در تیمارهای کشت مخلوط و کشت مخلوط توأم با قارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم مشاهده شد. نتایج به دست آمده نشان داد که نسبت برابری زمین بیشتر از یک برای ذرت و لوبیا چشم بلبلی، نشان‌دهنده روابط متقابل مثبت بین اعضای گیاهی مخلوط نسبت به خالص بوده و بیان‌کننده برتری کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم بلبلی نسبت به کشت خالص می‌باشد.

واژگان کلیدی: قارچ میکوریزا، کشت مخلوط افزایشی، مزوریزوبیوم.

۱- دانشگاه آزاد اسلامی، واحد الیگودرز، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، الیگودرز، ایران (نگارنده‌ی مسئول)

marzban_zahra1986@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۲/۳/۶

تاریخ پذیرش: ۹۳/۴/۱۱

۲- عضو هیئت علمی دانشگاه صنعتی شاهرود

مقدمه

در سال ۲۰۳۰ میزان تقاضا برای مواد غذایی در جهان احتمالاً نزدیک به دو برابر سطح فعلی خواهد رسید. این در حالی است که میزان اراضی جدید جهت توسعه سطح زیر کشت بسیار محدود است. کشت مخلوط و کشت چند محصولی پاسخی به بسیاری از مسایل و مشکلات کشاورزی است که عمده‌ترین آنها افزایش کارایی استفاده از منابع موجود و افزایش عملکرد در واحد سطح زمین و نیز افزایش تنوع و ایجاد ثبات زیستی می باشد (Akunda, 2001). در مطالعاتی روی کشت مخلوط برخی گیاهان با بقولات اظهار داشتند که تثبیت نیتروژن توسط اعضای تیره بقولات باعث افزایش حاصلخیزی خاک می‌شود. افزایش ماده‌ی آلی خاک، نیز از جمله کارکردهای مثبت این نظام‌ها ذکر شده است (Eshgizadeh et al., 2007). یکی از مسایلی که در کشت مخلوط باید مورد توجه قرار گیرد، کارایی بیولوژیک کشت مخلوط است که میزان انرژی تابشی تبدیل شده به انرژی بیولوژیکی قابل برداشت در طی فرآیندهای مختلف در گیاه می‌باشد (Azisi et al., 1997). نتایج مطالعات محققان حاکی از آن است که اگر غلات در مخلوط با لگوم‌ها کشت شوند، عملکرد دانه و ماده‌ی خشک علوفه در مخلوط افزایش می‌یابد و در نتیجه بالاترین عملکردهای دانه و علوفه‌ی خشک غلات و لگوم‌ها در کشت مخلوط حاصل می‌گردد (Sirousmehr et al., 2003). بررسی‌ها نشان داده است که معمولاً عملکرد مخلوط بیش از تک کشتی بوده و محاسبه نسبت برابری زمین نشان می‌دهد که میزان اضافه محصول حدود ۲۲ درصد است. چرا که وقتی دو رقم با مشخصات متفاوت به صورت مخلوط کاشته می‌شوند، از عوامل محیطی بیشتر استفاده می‌کنند. به‌طور کلی، کشت مخلوط به علت افزایش تنوع باعث بهبود کارایی استفاده از منابع

در اکوسیستم زراعی و در نهایت افزایش عملکرد می‌شود (Mazaheri et al., 2002). هنگامی که نسبت برابری زمین بیشتر از یک باشد نشان‌دهنده روابط متقابل مثبت بین اعضای گیاهی مخلوط نسبت به خالص بوده و بیان کننده برتری کشت مخلوط نسبت به خالص می‌باشد، در شرایطی که نسبت برابری زمین کمتر از یک باشد، به ویژه چنانچه اعضای مخلوط همگی کمتر از یک باشد، احتمالاً روابط متقابل منفی به‌وجود آمده است. در این حالت عملکرد مخلوط در مقایسه با تک کشتی کاهش خواهد یافت و بیان کننده برتری کشت خالص است و بالاخره هنگامی که نسبت برابری زمین برابر یک باشد، بیان‌کننده این مطلب است که زمین مورد نیاز برای هر دو محصول در کشت مخلوط با کشت خالص برابر است (Mazaheri et al., 2002). همچنین، استفاده از کودهای بیولوژیک از جمله راه‌کارهای بهبود تأمین عناصر غذایی در کشاورزی پایدار می‌باشند. کودهای بیولوژیک انواع مختلفی دارند که از مهم‌ترین آنها می‌توان به باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن مولکولی هوا و قارچ‌های میکوریزای اشاره کرد. در اثر تلفیح قارچ‌های میکوریزا آرباسکولار، انتقال مواد فتوسنتزی از اندام هوایی میزبان به سمت ریشه‌ها افزایش می‌یابد. در واقع اندام‌های قارچ به عنوان مخزن دریافت کربوهیدرات‌های فتوسنتزی گیاه عمل کرده که سبب تحریک فعالیت فتوسنتزی به میزان بیشتری می‌گردد که این خود به دلیل افزایش تولید هورمون جیبرلین در گیاه میزبان است (Demir, 2004). همچنین، با گسترش کلونیزاسیون قارچ و رشد هیف‌های آن، جذب عناصر و انتقال آنها از خاک به سمت ریشه‌های میزبان افزایش می‌یابد. در این صورت می‌توان انتظار افزایش عملکرد دانه در گیاه را نیز داشت (Hause et al., 2007). ریزوبیوم‌ها به دلیل توان بی‌مانند خود در برقراری همزیستی با گیاهان

کشت خالص ذرت، B= کشت خالص لوبیا، I= کشت مخلوط ذرت و لوبیا، ZM= ذرت + قارچ میکوریزا، BM= لوبیا + قارچ میکوریزا، BB= لوبیا+ باکتری مزوریزوبیوم، BMB= لوبیا + قارچ میکوریزا + باکتری مزوریزوبیوم، IM= کشت مخلوط + قارچ میکوریزا، IB= کشت مخلوط + باکتری مزوریزوبیوم، IMB= کشت مخلوط + قارچ میکوریزا + باکتری مزوریزوبیوم بود. رقم لوبیای چشم بلبلی مورد استفاده در این آزمایش، رقم بسطامی و ذرت رقم سینگل کراس ۶۰۴ بود. در این تحقیق مایه تلقیح قارچ میکوریزا گونه (*Glomus mossea*) از شرکت زیست فناوری توران و باکتری مزوریزوبیوم از موسسه زیستی مهر آسیا تهیه گردید. کرت‌های آزمایشی شامل ۴ ردیف کشت برای کشت خالص ذرت و کشت مخلوط ذرت و ۸ ردیف کشت برای تیمارهای کشت خالص لوبیا و کشت مخلوط لوبیا به طول ۸ متر و فواصل بین ردیف برای ذرت و لوبیا به ترتیب ۷۰ و ۳۵ سانتی‌متر و فاصله بذور روی ردیف برای ذرت و لوبیا به ترتیب ۲۰ و ۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. پیش از اقدام به کشت بذر برای اطمینان از عدم آغشته بودن به هر گونه آلودگی، بذور چندین بار شستشو شدند. متناسب با سطح کشت در تیمارهای مختلف مقدار مشخصی از بذور توزین شده و با محلول ۲۰ درصد آب قند آغشته گردید. در مرحله بعد مقدار تعیین شده از کود بیولوژیک ریزوبین سوپر پلاس (با جمعیت تقریبی ۱۰۸ باکتری مزوریزوبیوم در هر میلی لیتر) به بذور افزوده و به طور کامل مخلوط شدند. در تیمارهای قارچ میکوریزا میزان ۱۵ گرم مایه تلقیح قارچ در زیر هر بذر قرار داده شد که این مایه حاوی خاک، اسپور، ریشه آلوده گیاه و ریشه قارچ بود در زمان کاشت برای هر کرت آزمایشی، مقدار ۱۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به عنوان شروع کننده (Starter) مصرف گردید. به منظور ارزیابی کشت

تیره لگومینوز و ایجاد سیستم‌های توانمند در تثبیت نیتروژن مولکولی قادر به تامین بخش قابل توجهی از نیتروژن مولکولی اکوسیستم‌های زراعی در سطح جهانی می‌باشند. یکی از مهم‌ترین راه‌هایی که این باکتری‌ها بر رشد و نمو گیاه اثر می‌گذارند از طریق سنتز فیتوهورمون‌ها می‌باشد که این هورمون باعث توسعه سیستم جذب ایندولی توسط ریشه‌ای گیاه و بدنبال آن افزایش جذب عناصر غذایی توسط گیاه گردند (Antoun and Klaepper, 2001; Torres- Rubio *et al.*, 2000). کودهای بیولوژیک از جمله عواملی هستند که می‌توانند توان رقابتی گیاهان در کشت مخلوط را در جذب آب و مواد غذایی را تحت تاثیر قرار دهند و موجب افزایش سودمندی کشت مخلوط نسبت به کشت خالص می‌گردد. این تحقیق با هدف ارزیابی تاثیر قارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم بر خصوصیات زراعی و فیزیولوژیکی ذرت و لوبیا چشم بلبلی در کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص این دو گیاه انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور مطالعه پاسخ خصوصیات زراعی ذرت و لوبیا چشم بلبلی به مصرف قارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم در کشت مخلوط، آزمایشی در بهار سال ۱۳۸۹ در مزرعه آموزشی- تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود واقع در شهر بسطام به اجرا درآمد. از نظر جغرافیایی این مزرعه آموزشی تحقیقاتی در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۹ دقیقه و ۵ دقیقه طول شمالی و ارتفاع ۱۳۶۶ متر از سطح دریا قرار دارد. این منطقه در اقلیم سرد و خشک واقع شده است و میانگین بارندگی سالانه آن بین ۱۶۰-۱۵۰ میلی‌متر می‌باشد. این آزمایش به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی به صورت خالص و مخلوط بر اساس سری‌های افزایشی در ۱۰ تیمار شامل: Z=

$$LER = Y_j/Y_i$$

در این فرمول LER: نسبت برابری زمین جزئی، Y_i عملکرد یک گونه در کشت مخلوط، Y_j عملکرد همان گونه در کشت خالص است. کلیه محاسبات آماری، تجزیه واریانس و مقایسات میانگین با استفاده از نرم افزار SAS انجام گردید و میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

عملکرد دانه در بوته لوبیا چشم بلبلی

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس بین تیمارهای مختلف از نظر عملکرد دانه لوبیا اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد وجود داشت (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین عملکرد دانه در بوته با میانگین ۱۰/۹ گرم در بوته مربوط به تیمار کشت خالص لوبیا چشم بلبلی به همراه باکتری مزوریزوبیوم بود. ضمناً این تیمار از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با تیمار کشت مخلوط توأم با باکتری مزوریزوبیوم و قارچ میکوریزا نداشت (جدول ۳). به نظر می‌رسد این افزایش عملکرد به دلیل ترکیب باکتری مزوریزوبیوم و قارچ میکوریزا است زیرا اثرات متقابل بین آنها تثبیت نیتروژن و جذب آب و عناصر غذایی توسط گیاهان لگوم را افزایش می‌دهد. بطور کلی در تیمار کشت خالص لوبیا به همراه باکتری ۶۰ درصد عملکرد دانه لوبیا افزایش یافت. تلقیح گیاه با باکتری ریزوبیوم موجب افزایش رشد، عملکرد، ارتفاع گیاه، و تعداد گرهک در ریشه نسبت به گیاهان بدون تلقیح در شرایط مزرعه می‌شود (Saharan and Nehra., 2011).

درصد ساقه در ماده خشک لوبیا

درصد ساقه در ماده خشک لوبیا یکی از عوامل

مخلوط نسبت به کشت خالص در پایان فصل رشد، ۶ بوته ذرت و ۲۸ بوته لوبیا از هر کرت نمونه‌برداری شد. پس از جدا نمودن بلال‌های ذرت و غلاف‌های لوبیا، نمونه‌ها در دمای ۷۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت درون آون، خشک شدند و سپس وزن گردیدند. صفاتی چون درصد ساقه ذرت در ماده خشک، درصد ساقه لوبیا در ماده خشک، طول غلاف لوبیا، طول بلال، تعداد ردیف بلال، تعداد دانه در ردیف بلال، وزن غلاف، وزن خشک بلال، عملکرد دانه در بوته در کشت مخلوط اندازه‌گیری و ثبت شد.

به‌منظور اندازه‌گیری کلروفیل برگ در مرحله ۵۰ درصد گلدهی مزرعه از برگ‌های بالای و کاملاً باز بوته‌ها نمونه‌برداری انجام شد. ابتدا ۰/۰۲ گرم از نمونه تازه برگ را با ۵ میلی‌لیتر دی متیل سولفوکسید درون یک ظرف ریخته و به مدت ۳۰ دقیقه در آون با دمای ۷۰ درجه سلسیوس قرار گرفت و بعد از سرد شدن نمونه‌ها در یک مکان تاریک قرار داده شد. در این مرحله با استفاده از اسپکتروفتومتر، جذب محلول در طول موج‌های ۶۴۹ و ۶۶۵ نانومتر اندازه‌گیری شد و از ماده دی متیل سولفوکسید نیز به عنوان محلول شاهد برای تنظیم صفر جذب نوری اسپکتروفتومتر استفاده شد (Wellburn, 1994). برای انجام محاسبات مربوط به تعیین میزان کلروفیل a، کلروفیل b و مجموع کلروفیل‌های a و b بر حسب میلی‌گرم در میلی‌لیتر به ترتیب از روابط زیر استفاده شد:

$$Chla = (/ \times A) - (/ \times A)$$

$$Chlb = (/ \times A) - (/ A)$$

$$Chl Total = Chla + Chlb$$

ارزیابی کشت مخلوط و خالص ذرت و لوبیا چشم بلبلی نسبت به یکدیگر به‌وسیله شاخص نسبت برابری زمین (Equivalent Ratio Land) با استفاده از معادله زیر انجام شد (Mazaheri et al., 2002):

لوبیا معنی دار نبود (جدول ۱). با توجه به میانگین نتایج به دست آمده بیشترین طول غلاف لوبیا در تیمار کشت مخلوط لوبیا به همراه باکتری و کمترین آن در کشت مخلوط مشاهده شد.

وزن خشک غلاف لوبیا

تحقیقات انجام یافته در مورد اثر متقابل بین قارچ میکوریزا و باکتری تثبیت کننده نیتروژن بیانگر رابطه‌ی سینرژیستی بین آنها است. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین تیمارهای مختلف از نظر وزن خشک غلاف در هر بوته لوبیا در سطح آماری یک درصد معنی دار بود (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین صفات نشان داد بیشترین وزن خشک غلاف لوبیا با میانگین ۹۸۷/۷ کیلوگرم در متر مربع متعلق به تیمار کشت مخلوط توام با قارچ میکوریزا و باکتری مزوزیویوم و کمترین وزن خشک غلاف لوبیا با میانگین ۴۸۵/۶ کیلوگرم در متر مربع مربوط به تیمار کشت خالص لوبیا بود (جدول ۳). تلقیح توام بذور لوبیا چشم بلبلی با قارچ میکوریزا آریاسکولار گونه (*Glomus mossea*) و باکتری ریزوبیوم موجب بیشتر شدن عملکرد ماده خشک، تعداد غلاف و عملکرد دانه شد (Boby et al., 2008). نتایج این آزمایش نشان می‌دهد که تیمار کشت مخلوط توام با قارچ و باکتری از نظر میزان ماده خشک توزیع شده در اندام‌های مختلف، غلاف سهم بیشتری را نسبت به سایر اندام‌ها داشته است. فسفر نقش مهمی در تغذیه‌ی گیاه و تثبیت نیتروژن در لگوم‌ها نقش مهمی را ایفا می‌کند. می‌توان با همزیستی سه گانه لگوم - ریزوبیوم و میکوریزا جذب فسفر و به همان اندازه سایر عناصر را افزایش داد در نتیجه با افزایش جذب عناصر غذایی عملکرد گیاه و همچنین وزن خشک غلاف نیز افزایش می‌یابد. میکوریزا و ریزوبیوم، در واقع حالت یک همزیستی سه جانبه بین قارچ میکوریزا و ریزوبیوم و گیاه دیده

مؤثر در شکل‌گیری عملکرد بیولوژیک است. نتایج تجزیه واریانس صفات نشان داد که بین تیمارهای مختلف لوبیا بر درصد ساقه لوبیا در ماده خشک اختلاف معنی داری نشان داده و در سطح آماری یک درصد معنی دار بود (جدول ۱). بر اساس نتایج میانگین صفات بیشترین درصد ساقه لوبیا در ماده خشک با میانگین ۶۶/۵۹ درصد مربوط به تیمار کشت خالص لوبیا توام با قارچ میکوریزا و باکتری ریزوبیوم بود که این تیمار با تیمار کشت مخلوط به همراه قارچ میکوریزا از لحاظ آماری اختلاف معنی داری نداشتند و کمترین درصد ساقه لوبیا در ماده خشک با میانگین ۴۷/۵۴ درصد متعلق به تیمار کشت خالص لوبیا بود (جدول ۳). در پژوهشی که روی سویا انجام شد نتایج نشان داد که تلقیح سویا با قارچ میکوریزا موجب افزایش وزن خشک ساقه و قطر ساقه گردید (Ilbas and Sahin., 2005). درصد ساقه لوبیا در ماده خشک در تیمار کشت مخلوط به همراه قارچ میکوریزا در مقایسه با تک کشتی بیشتر بوده است که دلیل آن را می‌توان به افزایش ارتفاع در نتیجه توان رقابتی بالاتر ذرت در جذب بهتر نور و سایه‌اندازی گیاه ذرت دانست زیرا گونه‌های بلندتر در کشت مخلوط بر روی گونه‌های کوتاه‌تر سایه اندازی نموده و لذا ارتفاع گیاه در لوبیا چشم بلبلی افزایش می‌یابد. همچنین، به نظر می‌رسد که وجود قارچ میکوریزا در محیط ریشه گیاه تأثیر مثبتی بر رشد گیاه داشته است و منجر به افزایش ارتفاع گیاه می‌گردد. این امر می‌تواند مربوط به تولید و ترشح ترکیبات تحریک کننده رشد گیاه و یا برخی هورمون‌های تنظیم کننده رشد از جمله سیتوکینین باشد که توسط قارچ میکوریزا در خاک تولید می‌شود (Mishra., 2010).

طول غلاف لوبیا

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اختلاف بین تیمارهای مختلف از نظر طول غلاف لوبیا در هر بوته

کشت مخلوط باعث تأمین نیتروژن مورد نیاز در گیاه شده است و روی میزان کلروفیل کل برگ لوبیا تأثیر مثبت داشته و موجب افزایش آنها نسبت به کشت خالص شده است.

عملکرد دانه در بوته ذرت

عملکرد دانه در بوته یکی از مهم‌ترین صفات گیاه می‌باشد که در واقع نشان‌دهنده عملکرد اقتصادی گیاه است. نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که بین تیمارهای مختلف از نظر عملکرد دانه ذرت در بوته اختلاف معنی‌داری در سطح آماری ۰/۰۱ وجود دارد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین صفات نشان داد که بیشترین عملکرد دانه در بوته با میانگین ۱۰۸/۶۶ گرم در بوته مربوط به تیمار کشت خالص به همراه قارچ میکوریزا بود (جدول ۳). در پژوهش‌هایی که روی ذرت انجام شد، نتایج نشان داد که تلقیح با قارچ میکوریزا موجب افزایش معنی‌دار وزن دانه نسبت به تیمار شاهد شد (Alizadehe and Alizadeh., 2011).

درصد ساقه در ماده خشک ذرت

بر اساس نتایج تجزیه واریانس درصد ساقه ذرت در ماده خشک بین تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری در سطح آماری یک درصد نشان داد (جدول ۲). با توجه به نتایج مقایسات میانگین صفات بیشترین درصد ساقه ذرت در ماده خشک با میانگین ۷۳/۷۰ درصد مربوط به تیمار کشت خالص به همراه قارچ میکوریزا و کمترین درصد ساقه ذرت در ماده خشک با میانگین ۳۶/۶۸ درصد متعلق به تیمار کشت مخلوط توام با قارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم بود (جدول ۳). در یک بررسی روی ذرت دریافتند که گیاهان تلقیح شده با میکوریزا دارای وزن خشک ساقه بیشتری می‌باشند (Huang et al., 2009). در آزمایشی نشان داده شد که غلظت سیتوکینین و جیبرلین در گیاهان همزیست با قارچ میکوریزا

می‌شود که این امر موجب افزایش رشد گیاه می‌گردد (Maurice et al., 2010).

نسبت برابری زمین جزیبی لوبیا

نتایج نشان که بیشترین نسبت برابری زمین جزیبی لوبیا چشم بلبلی در تیمار کشت مخلوط توام با قارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم با میانگین ۱/۴۷ مشاهده شد (جدول ۳). اختلافات مورفولوژیک و فیزیولوژیک بین بقولات و غلات در کشت مخلوط یکی از دلایل اصلی بروز روابط همزیستی دو جانبه مثبت می‌باشد. تفاوت در عمق ریشه‌دهی، گسترش شعاعی ریشه و تراکم طول ریشه احتمالاً از عواملی هستند که بر رقابت دو جزء در کشت مخلوط برای آب و عناصر غذایی تاثیر گذاشته و باعث افزایش کارایی استفاده از زمین می‌شوند (Akuda, 2001).

محتوی کلروفیل لوبیا

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اختلاف بین تیمارهای مختلف از نظر محتوی کلروفیل در هر بوته لوبیا در سطح آماری یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین محتوی کلروفیل با میانگین ۹/۶۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر مربوط به تیمار کشت مخلوط به همراه باکتری مزوریزوبیوم و کمترین آن با میانگین ۴/۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر در کشت خالص لوبیا به میزان بود (جدول ۳). در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص میزان کلروفیل برگ افزایش می‌یابد (Parsa and Bagheri, 2008) بنابراین، افزایش محتوی کلروفیل برگ در گیاهان کشت شده به صورت مخلوط طبیعی به نظر می‌رسد. از آنجا که بین میزان کلروفیل برگ و میزان نیتروژن آن رابطه مستقیم وجود دارد می‌توان استنباط کرد که هر قدر دسترسی گیاه به نیتروژن مناسب‌تر باشد کلروفیل برگ به طور مناسب‌تری افزایش می‌یابد و میزان فتوسنتز آن بهبود می‌یابد. پس باکتری ریزوبیوم در

در بلال ذرت اختلاف معنی‌داری بین تیمارها وجود نداشت و بیشترین تعداد ردیف در بلال در تیمار کشت مخلوط مشاهده شد (Ahmad *et al.*, 2008). به نظر می‌رسد چون صفت تعداد ردیف در بلال یک صفت ژنتیکی است عوامل محیطی بر روی آن تأثیر مثبت نداشته است. قارچ میکوریزا هم با توجه به اینکه جذب املاح را برای گیاهان بیشتر می‌کند و روی رشد گیاه اثر مثبت داشته ولی بر روی تعداد ردیف در بلال تغییر معنی‌داری ایجاد نکرده است.

تعداد دانه در ردیف بلال ذرت

مطابق جدول تجزیه واریانس بین تیمارهای مختلف از نظر تعداد دانه در ردیف بلال ذرت اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد وجود دارد (جدول ۲). مقایسه میانگین تعداد دانه در ردیف بلال در تیمارها نشان داد که تیمار کشت مخلوط (۲۸/۷۷) دانه در ردیف (بلال) بیشترین تعداد دانه در ردیف بلال را دارا بود و کمترین مقدار آن در تیمار کشت مخلوط توام با قارچ و باکتری (۷ دانه در ردیف بلال) مشاهده شد (جدول ۳). در پژوهشی با بررسی‌های کشت خالص و مخلوط بادام زمینی و ذرت ملاحظه کردند که حداکثر تعداد دانه در ردیف ذرت از کشت مخلوط به‌دست آمد (Ahmad *et al.*, 2008). در آزمایش روی کشت مخلوط ذرت و لوبیا، ذرت گیاه غالب بوده و لوبیا توان رقابت با ذرت را بر سر برخی منابع مثل نور را ندارد (Resvanbidokhti, 2004). لذا، به احتمال زیاد رقابت بوته‌های ذرت بعد از گلدهی نسبت به کشت خالص افزایش پیدا کرده است و این مسئله سبب تشکیل تعداد دانه در ردیف بلال این تیمار شده است.

وزن خشک بلال

نتایج جدول تجزیه واریانس صفات نشان داد که بین تیمارهای مختلف از نظر وزن خشک بلال ذرت اختلاف معنی‌داری در سطح آماری پنج درصد وجود

افزایش می‌یابد (Shaul-Keinan *et al.*, 2002). از آنجا که ایندول تری‌بوتیریک اسید و اکسین کلونیزاسیون قارچی را از طریق افزایش تعداد ریشه‌های فرعی که محل مطلوب کلونیزاسیون است، در مراحل اولیه رشد تغییر می‌دهد همچنین با گسترش کلونیزاسیون قارچی احتمالاً، جذب عناصر و انتقال آنها از خاک به سمت ریشه‌های میزبان افزایش می‌یابد. از سوی دیگر، با افزایش تقاضای مخزن، فتوسنتز گیاه جهت تأمین کربوهیدرات بیشتر نیز افزایش می‌یابد (Fitze *et al.*, 2005). همچنین، کاهش ارتفاع در تیمار کشت مخلوط توأم با باکتری مزوریزوبیوم و قارچ میکوریزا را می‌توان به وجود رقابت بین همزیست‌ها (قارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم) در تأمین مواد غذایی و اشغال مکان‌های ریشه دانست هر چند که الگوی پاسخگویی به وضوح روشن نشده است (Kosuta *et al.*, 2003).

طول بلال

مطابق نتایج جدول تجزیه واریانس بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری برای صفت طول بلال نشان نداد (جدول ۲) و با توجه به جدول مقایسه میانگین بیشترین و کمترین با میانگین ۲۳/۴۹ و ۱۸ به ترتیب مربوط به تیمار کشت مخلوط به همراه قارچ میکوریزا و کشت مخلوط بود.

تعداد ردیف در بلال ذرت

مطابق نتایج جدول تجزیه واریانس بین تیمارهای مختلف از نظر تعداد ردیف در بلال ذرت اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین صفات نشان داد که تیمار کشت مخلوط به همراه قارچ میکوریزا بیشترین تعداد ردیف در بلال را دارا بود و کمترین مقدار آن در تیمار کشت خالص ذرت به همراه قارچ میکوریزا مشاهده شد. در پژوهشی با بررسی‌های کشت خالص و مخلوط بادام زمینی و ذرت ملاحظه کردند که صفت تعداد ردیف

مخلوط را علت این کارآمدی تشخیص داده‌اند (Pandiatia et al., 2000). این بدان معنی است که کشت خالص ذرت نیاز به ۰/۷ درصد زمین بیشتر نسبت به کشت مخلوط دارد تا عملکردی برابر آن را تولید کند. این مساله بیانگر کارایی استفاده از زمین و سایر عوامل در کشت مخلوط است. همچنین، این امر را می‌توان به تاثیرپذیری ذرت به اثرات تقویتی لوبیا به‌ویژه تثبیت نیتروژن در مخلوط نسبت داد (Mazaheri et al., 2002).

محتوی کلروفیل برگ ذرت

نتایج تجزیه واریانس صفات نشان داد که اختلاف بین تیمارهای مختلف از نظر محتوی کلروفیل در هر بوته ذرت در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین صفات نشان داد که بیشترین محتوی کلروفیل با میانگین ۷/۲۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تر مربوط به تیمار کشت خالص به همراه قارچ میکوریزا و کمترین محتوی با میانگین ۲/۳۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر مربوط به تیمار کشت خالص ذرت بود (جدول ۳). محققان گزارش کردند که گیاهچه‌های فلفل تلقیح شده با قارچ میکوریزا سرعت فتوسنتز، محتوی کلروفیل، محتوی نیتروژن و فسفر و پتاسیم، زیست توده برگ و محتوی نسبی آب برگ بیشتری نسبت به گیاهچه‌های شاهد دارند (Estrada-Luna and Davies, 2003). قارچ‌های میکوریزا پس از همزیست شدن با گیاهان میزبان بر جنبه‌های مختلف فیزیولوژی و بیوشیمیای گیاه تأثیر می‌گذارد و موجب رشد و بهبود آن می‌شود که یکی از این فرآیندها فتوسنتز و افزایش کلروفیل در برگ می‌باشد. برخی از محققین بیان کرده‌اند که قارچ میکوریزا 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، افزایش راندمان فسفر

دارد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین صفات نشان داد که بیشترین وزن خشک بلال با میانگین ۲۳۰ گرم در بوته در تیمار کشت خالص به همراه قارچ میکوریزا و کمترین مقدار با میانگین ۱۲۸/۸۰ گرم در بوته در تیمار کشت مخلوط توام با قارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم بود (جدول ۳). در یک بررسی در گیاه ذرت نشان داده شد که تلقیح با قارچ میکوریزا به طور معنی‌داری وزن خشک بلال را افزایش داد (Samarbakhsh et al., 2009). گزارش شده است که کلونیزاسیون میکوریزایی به طور معنی‌داری وزن خشک بلال را در مقایسه با گیاهان غیر میکوریزایی افزایش داد (Sayed, 2010). در ذرت همانند بسیاری از گونه‌های زراعی، ساکارزی شکل انتقالی اولیه کربن است ورود و استفاده از کربوهیدرات محلول همراه با اسیدهای آمینه به عنوان یک منبع نیتروژن احیا شده، برای رشد رویشی و نمو زایشی ضروری است بنابراین، در این مرحله از رشد گیاه تسهیم ماده پرورده و انتقال مواد آلی به بلال بیشتر از سایر اندام‌ها بوده و باعث افزایش ماده خشک در بلال شده است.

نسبت برابری زمین جزئی ذرت

نتایج تجزیه واریانس نشان داد (جدول ۲) که اختلاف بین تیمارهای مختلف از نظر میزان نسبت برابری زمین جزئی ذرت معنی‌دار بود ($P < 0.01$). میانگین نتایج به‌دست آمده نشان داد بیشترین میزان نسبت برابری زمین جزئی ذرت در تیمار کشت مخلوط با میانگین ۱/۷ به‌دست آمد و کمترین آن در کشت مخلوط توام با قارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم با میانگین ۰/۵۴ بود (جدول ۳). 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

انتخاب گونه‌های گیاهی مناسب در کشت مخلوط به ویژه ذرت و لوبیا چشم بلبلی به همراه موجودات خاکزی همزیست به دلیل ایجاد یک حالت مکملی باعث استفاده بهتر از منابع شده است و همین امر نسبت برابری زمین، عملکرد دانه لوبیا را تا ۶۰ درصد، تعداد دانه در ردیف بلال و طول بلال ذرت را افزایش می‌دهد و همچنین عملکرد دانه نیز افزایش می‌یابد. که در نهایت استفاده از کشت مخلوط باعث کاهش سطح زیر کشت نسبت کشت خالص، و همچنین باکتری مزوریزوبیوم و قارچ میکوریزا مصرف کودهای شیمیایی را در مزارع کاهش می‌دهند که این امر در نهایت موجب پایداری و افزایش تنوع در اکوسیستم‌های زراعی می‌شود.

فتوسنتزی، افزایش فعالیت آنزیم‌هایی چون نیترات ریداکتاز، نیتروژناز و گلوتامین سنتتاز در گیاهان میزبان می‌باشد (Brito *et al.*, 2008).

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی با استفاده از سیستم‌های کشت مخلوط و شناخت و بکارگیری پتانسیل بیولوژیک خاک می‌توان تنوع را در اکوسیستم زراعی افزایش داد با افزایش تنوع فضاهای خالی موجود در اکوسیستم‌های زراعی به‌وسیله گونه‌های مفید گیاهی و ریزموجودات خاکزی از جمله قارچ میکوریزا و باکتری ریزوبیوم اشغال می‌شود و همین امر موجب کاهش آفات، بیماری‌ها و علف هرز می‌شود که در نهایت باعث کاهش مصرف کودهای شیمیایی از جمله کودهای نیتروژنه و فسفره می‌شود و از طرف دیگر

جدول ۱- میانگین مربعات برخی از خصوصیات مورد مطالعه لوبیا چشم بلبلی

Table 1 - Analysis of variance for studied characteristics of cowpea

منابع تغییر	S.O.V	درجه آزادی d.f	عملکرد دانه در بوته Yield of plant	درصد ساقه در ماده خشک Percent shoot in dry matter of	طول غلاف pod length	وزن خشک غلاف Dry weight of pods	نسبت برابری زمین جزئی Partial land equivalent ratio of	کلروفیل Chlorophyll
تکرار	Block	2	30.17	75.87	50.63	32574.18	0.11	1.51
تیمار	treatment	9	42.25**	1859.89**	37.32 ^{n.s}	441507.1**	0.09**	12.7**
خطا	Error	18	0.704	50.85	20.70	26318.36	0.005	0.38
ضریب تغییرات	C.V (%)		12.66	15.47	19.25	21.18	7.01	17.15

ns, *, ** : non significant, significant at 5 and 1% probability levels, respectively

ns, *, ** : به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱٪

جدول ۲- میانگین مربعات برخی از خصوصیات مورد مطالعه ذرت

Table 2 - Analysis of variance for studied characteristics of maize

منابع تغییر	S.O.V	درجه آزادی d.f	عملکرد دانه در بوته Yield of plant	درصد ساقه در ماده خشک Percent shoot in dry matter	طول بلال ear length	تعداد ردیف در بلال The number rows per ear	تعداد دانه در ردیف بلال Number of grain per ear row	وزن خشک بلال Dry weight of ear	نسبت برابری زمین جزئی Partial land equivalent ratio	کلروفیل Chlorophyll
تکرار	Block	2	20.12	11.51	31.12	3.32	4.79	25392.95	0.023	0.1
تیمار	treatment	9	5426.59**	2477.97**	11.96 ^{n.s}	7.04 ^{n.s}	76.62**	904236.93**	0.023**	21.29**
خطا	Error	18	14.93	23.57	11.6	7.79	4.01	19725.004	0.013	0.16
ضریب تغییرات	C.V (%)		9.07	15.6	26.7	21.18	21.18	22.98	11.34	15.06

ns, *, ** : non significant, significant at 5 and 1% probability levels, respectively

ns, *, ** : به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱٪

جدول ۳- مقایسه میانگین برخی از خصوصیات مورد مطالعه لوبیا چشم بلبلی و ذرت در کشت مخلوط

Table 3 - Mean comparison for studied characteristics of cowpea and maize in intercropping

تیمار	treatments	عملکرد دانه در بوته لوبیا Yield of plant cowpea (g)	عملکرد دانه در بوته ذرت Yield of plant maize (g)	درصد ساقه در ماده خشک لوبیا Percent shoot in dry matter of cowpea (%)	درصد ساقه در ماده خشک ذرت Percent shoot in dry matter of maize (%)	طول غلاف pod length (cm)	طول بلال ear length (cm)	وزن خشک غلاف Dry weight of pods (g.m ²)	وزن خشک بلال Dry weight of ear (g. plant)
لوبیا	Bean	7.22 b	-	47.54 d	-	21.33 b	-	485.6 b	-
لوبیا + میکوریزا	Bean + Mycorrhizal	7.48 b	-	61.43 ab	-	24.16 ab	-	984.5 a	-
لوبیا + مزوریزوبیوم	Bean + Mesorhizobium	10.9 a	-	50.35 b-d	-	21.15 ab	-	969.2 a	-
لوبیا + میکوریزا + مزوریزوبیوم	Bean + Mesorhizobium + Mycorrhizal	7.43 b	-	66.08 a	-	27.66 ab	-	920.3 a	-
کشت مخلوط	Intercropping	7.28 b	70.25 d	61.32 a-c	34.07 c	20 b	24.8 b	614.4 bc	960 bc
کشت مخلوط + میکوریزا	Intercropping + Mesorhizobium	8.11 b	94.49 b	66.59 a	60.65b	25.33 ab	20.89 c	830.1 ab	875 bc
کشت مخلوط + مزوریزوبیوم	Intercropping + Mesorhizobium	8.02 b	76.44 c	50.55 b-d	55.30 b	29.16 a	18.55 c	786.1 ab	1111.5 b
کشت مخلوط + میکوریزا + مزوریزوبیوم	Intercropping+Mesorhizobium +Mycorrhizal	10.54 a	40.17 d	49.16 cd	36.68 c	25.16 ab	27.96 a	987.7 a	772.5 c
ذرت + میکوریزا	maize + Mycorrhizal	-	108.66 a	-	73.70 a	-	25.13 b	-	1380 a
ذرت	maize	-	35.7 d	-	41.59 c	-	20.26 c	-	1010 bc

حروف متفاوت در هر ستون بیانگر اختلاف معنی دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد می باشد

Different letters in each column indicate significant differences using Duncans test at the 5% probability level.

ادامه‌ی جدول ۳
Table 3 Continued

تیمار	treatments	نسبت برابری زمین جزئی لوبیا Partial land equivalent ratio cowpea	نسبت برابری زمین جزئی ذرت Partial land equivalent ratio of maize	کلروفیل لوبیا Chlorophyll cowpea (mg.g ⁻¹)	کلروفیل ذرت Chlorophyll (mg.g ⁻¹) maize	تعداد ردیف در بلال ذرت The number rows per ear of maize	تعداد دانه در ردیف بلال ذرت Number of grain per ear row maize
لوبیا	Bean	-	-	4.6 e	-	-	-
لوبیا + میکوریزا	Bean + Mycorrhizal	-	-	6.83 bc	-	-	-
لوبیا + مزوریزوبیوم	Bean + Mesorhizobium	-	-	7.95 b	-	-	-
لوبیا + میکوریزا + مزوریزوبیوم	Bean + Mesorhizobium + Mycorrhizal	-	-	7.38 bc	-	-	-
کشت مخلوط	Intercropping	1.16 b	1.7 a	5.36 dc	5.34 b	18.86 a	28.77 a
کشت مخلوط + میکوریزا	Intercropping + Mesorhizobium	1.01 c	1.03 b	6.62 c	4.34 c	23.49 a	12.33 cd
کشت مخلوط + مزوریزوبیوم	Intercropping + Mesorhizobium	0.78 d	1.006 b	9.67 a	4.65 bc	20.15 a	10.74 d
کشت مخلوط + میکوریزا + مزوریزوبیوم	Intercropping+Mesorhizobium +Mycorrhizal	1.47 a	0.54 c	6.42 cd	3.29 d	20.34 a	7 e
ذرت + میکوریزا	maize + Mycorrhizal	-	-	-	7.26 a	22.50 a	21.89 b
ذرت	maize	-	-	-	2.39 d	14.06 b	14.06 b

حروف متفاوت در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد

Different letters in each column indicate significant differences using Duncans test at the 5% probability level.

References

منابع مورد استفاده

- Alizadeh, O., and A. Alizadeh. 2011. Consideration use of mycorrhiza and vermicompost to optimizing of chemical fertilizer application in corn cultivation. *J. of Advances in Environmental Biology*. 5(6):1279-1287.
- Ahmad, Z., H.A. Mezori, and M.S. Duhoky. 2008. Effect of intercropping systems and nitrogen fertilizer on yield, yield component of corn (*Zea mays L.*) and peanut (*Arachis hypogaea L.*). Kurdistan 1st Conference on Biological Sciences, Summer, Kurdistan. pp: 206-214.
- Akunda, E.M. 2001. Intercropping and population density effects on yiel component, seed quality and photosynthesis of sorghum and soybean. *J. of Food Technol Africa*. 6: 96 – 100.
- Antoun, H., and J.W. Kloepper. 2001. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR). Academic Press, London. 1477 pp.
- Azisi, K.K., D.H Putnam, C.P.Vance, M.P. Russelle, and D.L. Allen. 1997. Strip intercropping and nitrogen effect on seed, oil and protein yields of canola and soybean. *J. of Agronomi* 89:23-39. (In Persian)
- Brito, I., J. Michael Goss, and M. Carvalho. 2008. Agronomic management of indigenous mycorrhizas. Universidade de Evora, ICAM, Apartado 94, 7002 – 554.
- Boby, V.U., A.N. Balakrishna, and D.J. Bagyaraj. 2008. Interaction between *Glomus mosseae* and soil yeasts on growth and nutrition of cowpea. *J. of Microbiological Research*. 163: 693-704.
- Demir, S. 2004. Influence of arbuscular mycorrhiza on some physiological growth parameter of pepper. *J. of Biology*. 28: 85-90.
- Emtiazi, G., A. Naderi, and Z. Etemadifar. 2004. Effect of nitrogen fixing bacteria on growth of potato tubers. *J. of Food Science*. 26: 56.58. (In Persian).
- Eshgizadeh, H.R., M.R. Chaichi, A. Ghalavand, G. Shabani, K. Azizi, A. Tourknejad, H. Raeisi Yazdi, and A. Papizadeh. 2007. Evaluation of annual medic and barley intercropping on forage yield and protein content in dry farming system. *J. of Pajouhesh and Sazandegi*. 75: 102-112. (In Persian).
- Estrada-Luna, A., and A. Davies. 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. *J. of Plant Physiology*. 160: 1073-1085.
- Hause, B., C. Mrosk, S. Isayenkov, and D. Strack. 2007. Jasmonates in arbuscular mycorrhizal interactions. *J. of Phytochemistry*. 68: 101–110.
- Huang, H., S.H. Zhang, N. Wua, L. Luo, and P. Christie. 2009. Influence of *Glomus etunicatum/Zea mays* mycorrhiza on atrazine degradation, soil phosphatase and

dehydrogenase activities, and soil microbial community structure. *J. of Soil Biology and Biochemistry*. 41: 726-734.

- Fitze, D., A. Wiepning, M. Kaldor, and J. Ludwig-Mulle. 2005. Auxins in the development of an arbuscular mycorrhizal symbiosis in maize. *Journal of Plant Physiology*. 162: 1210–1219.
- Ilbas, A.I., and S. Sahin. 2005. *Glomus fasciculatum* inoculation improves soybean production. *J. of Acta Agriculturae Scandinavica*. 55: 287-293.
- Kosuta, S., M. Chabaud, G. Lougnon, C. Gough, J. Denarie, D. Barker, and G. Bacard. 2003. A diffusible factor from arbuscular mycorrhizal fungi induces symbiosis-specific mtENOD11 expression in roots of *Medicago truncatula*. *J. of Plant Physiology* 131: 952-963.
- Mazaheri, D., B. Pasari, and E. Peighambari. 2002. Study of growth analysis in monoculture and mixed cropping of soybean cultivars. *J. of Pajouhesh and Sazandegi*. 54: 37-54. (In Persian).
- Maurice, G., N. Albert, and T. Isidore. 2010. Altering time of intercropping cow pea (*Vigna unguiculata* L.) relativ to maize (*Zea mays* L.): A food Production stragy to increase crop yield attributes in adamawa – Cameroon. *J. of Agricultural Sciencess*. 6(5): 437-445.
- Mishra, R.H. 2010. Soil Microbiology. Cbs Publishers & Distributors. 187 pp.
- 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. *J. of Agronomy*. 45: 48-53.
- Parsa M. and Bagheri A. 2008. Pulses. Ferdowsi University of Mashhad Press. 522 pp
- Rezvan-Bidokhti, S. 2004. Comparison to compounds of intercropping in corn and bean intercropping. Ph.D Thesis. Dissertation Ferdowsi Univ. Faculty of Agriculture. 187 pp. (In Persian).
- Saharan, B.S. and V. Nehra. 2011. Plant Growth Promoting Rhizobacteria: A Critical Review. *J. of Life Sciences and Medicine Research* . 2011:1-30.
- Samarbakhsh, S., F. Rejali, M. R. Ardakani, M. Pak Nejad, and M. Miransari. 2009. The combined effects of fungicides and arbuscular mycorrhiza on corn (*Zea mays* L.) growth and yield under field conditions. *J. of Biological Sciences*. 9:372-376.
- Sayed, A.k. 2010. Effect of endo mycorrhizal fungi and compost on the yield and quality of maize and sunflower plant in poor nutrients soil. Ph.D Thesis. Dissertation. Kassel University. Agriculture Department. 210 pp.
- Shaul-Keinan, O., V. Gadkar, I. Ginzberg, J.M. Grünzweig, I. Chet, Y. Elad, S. Wininger, E. Belausov, Y. Eshed, N. Atzmon, Y. Ben-Tal, and Y. Kapulnik. 2002. Hormone concentrations in tobacco roots change during arbuscular mycorrhizal colonization with *Glomus intraradices*. *J. of New Phytologist*. 154: 501–508.
- Sirousmehr, A., A. Javanshir, F. Rahimzadeh Khoye, and M. Moghaddam. 2003. Pearl

millet and common vetch intercropping. *J. of Journal of Biaban*. 2: 250-263. (In Persian).

- Tong-jian, X., Y. Qing-song, R. Wei, X. U. Guo-hua, and S. H. Qi-rong. 2010. Effect of inoculation with arbuscular mycorrhizal fungus on nitrogen and phosphorus utilization in upland rice-mungbean intercropping system. *J. of Published by Elsevier Ltd*. 9: 528-539.
- Torres-Rubio, M.G., S. Astrid, J. Castillo, and P. Martiners. 2000. Isolation of *Enterobacteria*, *Azotobacter sp.* and *Pseudomonas sp.*, producers of indole-3-acetic acid and Siderophores, from Colombian rice rhizosphere. *J. of Revista Latinoamericana de Microbiologia*. 42: 171-176.
- Wellburn, A.R. 1994. The spectral determination of chlorophylls *a* and *b*, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. *J of Plant Physiol*. 144 (3): 307-313.

Responses of Agronomic Characteristics of Maize and Cowpea to Mycorrhiza and Mesorrhizobial Bacteria in Intercropping

Marzban, Z.^{1*}, M.R. Ameriyan², and M. Mamarabadi²

Received: May 2013, Accepted: 2 July 2014

Abstract

To evaluate the response of agronomic characteristics of maize and cowpea to mycorrhiza and mesorrhizobial bacteria in intercropping, this study was carried out at the Research Field of Industrial Shahrood University in 2010 using a randomized complete block design with three replications. Treatments were: Z: maize monocropping, B: bean monocropping, I: intercropping of maize and bean, ZM: maize monocropping + mycorrhizae, BM: bean monocropping + mycorrhizae, BB: bean monocropping + mesorrhizobium bacteria, BMB: bean monocropping + mycorrhizae + mesorrhizobium bacteria, IM: intercropping + mycorrhizae, IB: intercropping + mesorrhizobium bacteria and IMB: intercropping + mycorrhizal + mesorrhizobium bacteria. The results showed that treatment effects on seed yield per plant, leaf chlorophyll content, dry weight of cowpea pods, dry weight of maize ear, number of seeds per ear row, total biological yield in intercropping and partial land equivalent ratio of both cowpea and maize were significant ($p < 0.01$). The highest seed yields per plant for cowpea and maize were 10 and 108 grams in monocropping of cowpea + mesorrhizobium and monocropping of maize + mycorrhiza treatments respectively. Highest partial LER of maize and cowpea were respectively 1.7 and 1.47 in the intercropping and intercropping + mycorrhiza fungi and mesorrhizobium bacteria treatments. The results showed that land equivalent ratio was more than one for maize and cowpea. This indicates a positive relations between members of mixed cropping against monocropping and superiority of intercropping of maize and cowpea as compared to their monocroppings.

Keywords: Intercropping additive, Mesorrhizobium, Mycorrhiza.

¹- Young Researchers and Elite Club, Aligoudarz Branch, Islamic Azad University, Aligoudarz, Iran.

²- Staff member, Industrial University of Shahrood, Shahrood, Iran.

* *Corresponding Author:* marzban_zahra1986@yahoo.com