بسم الله الرحمن الرحیم

دانشکده کشاورزی

گروه زراعت

عنوان:

تأثیر همزیستی توأم قارچ میکوریزا آرباسکولار و باکتری مزوریزوبیوم بر کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم بلبلی

دانشجو:

زهرا مرزبان

استاد راهنما:

دکتر محمد رضا عامریان

دکترمجتبی ممرآبادی

استاد مشاور:

دکتر حمید عباس دخت

مهندس مهدی رحیمی

پایان‌نامه برای دریافت درجه کارشناسی ارشد **«M.Sc.»**

زمستان ۱۳۹۰

تقدیم به:

پدرم بزرگواری که ایمان، شجاعت و پشتکار را از او آموختم و کسی که همواره مرا با پند و اندرزهای حکیمانه‌ی خویش در مسیر زندگی رهنمون ساخت.

مادرم آن اسوه‌ی ایمان، صبر و محبت، بزرگواری که وجود مرا از چشمه سار بی پایان محبت خود سیراب نمود و مرا تا ابد مدیون خود ساخت.

رنجشان بی ثمر مباد.

به خانواده‌ی گرامی:

که ذره ذره‌ی وجودم در جمع پر مهرشان بالیدن آغاز کرد و با تحمل زحمات، مرا در ادامه‌ی تحصیل یاری نموده اند.

سپاسگزاری:

حمد و سپاس فراوان پروردگار عالمیان را که اندیشه و عشق را به بشر ارزانی داشت تا با کنکاش در تمام اسرار آفرینش، یکایک ذرات هستی را به جلوه‌ی حق دانسته و نه تنها از جهل و نادانی بگریزد، بلکه به مقام معشوق نزدیک گردد. پروردگاری که رحمت مداوم و بی پایانش بر این بنده‌ی حقیر در تمامی زندگانی نثار گشت و فرصتی ارزشمند فراهم گردید تا در محضر اساتیدی گران بها در حد توان و فکر خویش به کسب علم و معرفت بپردازم و نیز الطاف و عنایت بی حدش افزون تر از پیش حاصل شد تا سختی تحصیل و پژوهش آسان گردد تا این تحقیق تمامی مراحل خود را به پایان رساند.

بر خود لازم می دانم مراتب تقدیر و تشکر خود را از همه‌ی بزرگوارانی که مرا در انجام این پژوهش یاری نمودند اعلام نمایم.

عالی ترین مراتب سپاس و قدر دانی خود را به محضر استاد محترم راهنما دکتر محمدرضا عامریان و دکتر مجتبی ممرآبادی که در طی مراحل تحقیق و در نهایت صبر و صمیمیت و شکیبایی، بزرگوارانه بنده را در انجام امور پایان نامه یاری فرمودند، سپاسگذاری نمایم.

از استاد محترم مشاور دکتر حمید عباس دخت و مهندس مهدی رحیمی به دلیل رهنمودها و حمایت و پشتیبانی در امور مختلف انجام این پایان نامه داشتند تشکر و قدر دانی می‌نمایم.

به رسم ادب برای

تمامی همکلاسی های دوست داشتنی ام و تمامی دوستان خوبم در دوران تحصیل از صمیم قلب آرزوی موفقیت و سربلندی را دارم.

زهرا مرزبان

زمستان ۱۳۹۰

چکیده:

به منظور بررسی اثر همزیستی باکتری مزوریزوبیوم و قارچ میکوریز آرباسکولار بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت و لوبیا چشم بلبلی در کشت مخلوط، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود در سال ۱۳۸۹ به صورت طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی به صورت کشت خالص ذرت (Z)، کشت خالص لوبیا(B)، کشت مخلوط بر اساس سری افزایشی ۱۰۰% ذرت و ۱۰۰% لوبیا (I)، ذرت + میکوریزا (ZM)، لوبیا + میکوریزا (BM)، لوبیا + باکتری (BB)، لوبیا+ میکوریزا+ باکتری (BBM)، کشت مخلوط+ میکوریزا (IM)، کشت مخلوط+ باکتری (IB)، کشت مخلوط+ میکوریزا+ باکتری (IBM) بودند. بر اساس نتایج به دست آمده صفت‌های همچون عملکرد دانه لوبیا، عملکرد بیولوژیک لوبیا، وزن صد دانه لوبیا و شاخص برداشت لوبیا در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود و صفت عملکرد دانه ذرت، عملکرد بیولوژیک ذرت، وزن صد دانه و شاخص برداشت در سطح پنج درصد معنی دار شد. بیشترین عملکرد دانه لوبیا با میانگین ۳۰۵۳/۷ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمارکشت خالص لوبیا به همراه باکتری مزوریزوبیوم و کمترین عملکرد آن با میانگین ۱۹۰۰/۵ کیلوگرم در هکتار متعلق به تیمار کشت خالص لوبیا بود. همچنین بیشترین عملکرد دانه ذرت با میانگین ۵۷۵۱/۹ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار کشت مخلوط به همراه باکتری مزوریزوبیوم و کمترین عملکرد دانه ذرت با میانگین ۲۶۹۵/۹ کیلوگرم در هکتار متعلق به تیمار کشت خالص ذرت بود. ارزیابی نسبت برابری زمین (LER) نشان داد که بیشترین LER با میانگین ۲/۸۹ مربوط به کشت مخلوط و کمترین LER با میانگین ۱/۷۸ مربوط به تیمار کشت مخلوط به همراه باکتری بود. به طور کلی با توجه به نتایج این آزمایش می توان انتظار داشت تا با ترکیب مناسبی از کودهای زیستی و کشت مخلوط، تثبیت زیستی نیتروژن و جذب دیگر عناصر غذایی را بهبود بخشید و در نهایت باعث پایداری و افزایش عملکرد شد. از جمله بهترین ترکیبات تیمارها در این آزمایش می توان به کشت مخلوط به همراه باکتری مزوریزوبیوم اشاره نمود.

کلمات کلیدی: باکتری مزوریزوبیوم، ذرت، کشت مخلوط، لوبیا، قارچ میکوریزا.

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه و تعاریف ۱
مقدمه ۲
۱-۱- ۱ منشأ، گیاهشناسی و اهمیت ذرت ۴
۱-۱-۱-۱ مبدأ و تاریخچه ذرت ۴
۱-۱-۱-۲ اهمیت اقتصادی ذرت ۴
۱-۱-۱-۳ وضعیت رویشی و زایشی ذرت ۵
۱-۱-۲ لوبیا چشم بلبلی ۶
۱-۱-۲-۱ وضعیت رویشی و زایشی لوبیا چشم بلبلی ۶
۱-۱-۲-۲ عوامل محیطی مؤثر بر رشد لوبیا چشم بلبلی ۷
۱-۱-۳ کشت مخلوط (Intercropping) ۷
۱-۱-۳-۱ الگوهای کاشت و روش اجرای کشت مخلوط ۸
۱-۱-۳-۱-۱طرح افزایش کامل ۸
۱-۱-۳-۱-۲ سری جایگزینی ۸
۱-۱-۴ اهمیت کشت مخلوط ۹
۱-۱-۴-۱ کاهش خطر احتمالی ۹
۱-۱-۴-۲ استفاده حداکثری از منابع: ۹
۱-۱-۴-۳ بدست آوردن سود بیشتر: ۱۰
۱-۱-۴-۴ کنترل علفهای هرز: ۱۱
۱-۱-۴-۵ کاهش آفات و امراض گیاهی : ۱۱
۱-۱-۴-۶ حاصلخیزی خاک: ۱۲
۱-۱-۴-۷ اثر کشت مخلوط بر میکروارگانیسمهای خاک: ۱۲
۱-۱-۵ کود های بیولوژیک ۱۳
۱-۱-۵-۱ قارچ میکوریزا آرباسکولار ۱۵
۱-۱-۵-۱-۱ جنبه های زیست شناختی میکوریزا ۱۵
۱-۱-۶-۲ باکتری ریزوبیوم ۱۷

فصل دوم: بررسی منابع ۱۹
۲-۱ الگوی کشت مخلوط در گیاهان مختلف ۲۰
۲-۱-۱ کشت مخلوط ذرت و لگوم ۲۲
۲-۱-۲ کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم بلبلی ۲۲
۲-۲ تاثیر قارچ میکوریزا بر عملکرد ۲۴
۲-۲-۱ میکوریزا و اثرات تغذیهای آن در گیاه میزبان ۲۴
۲-۲-۲ نقش میکوریزا در بهبود جذب آب ۲۵
۲-۲- ۳ میکوریزا و اختصاص مواد فتوسنتزی ۲۶
۲-۲-۴ میکوریزا و واکنش های مرفوفیزیولوژیکی ۲۶
۲-۲-۵ اثرات متقابل میان قارچ میکوریزا آرباسکولار و باکتری ریزوبیوم ۲۷
۲-۳ تاثیر باکتری ریزوبیوم بر عملکرد گیاه ۲۸
۲-۳-۱ تولید سیدروفورها ، فیتوهورمونها و سیانید ۲۹
۲-۳-۲ توانایی حل فسفاتهای معدنی نامحلول ۳۰
۲-۳-۳ توانایی حل فسفاتهای آلی نامحلول: ۳۱
۲-۴ تأثیر ریزوبیوم و میکوریزا بر کشت مخلوط ۳۲
فصل سوم: مواد و روش‌ها ۳۳
۳- محل انجام پژوهش ۳۴
۳-۱ویژگیهای آب و هوایی ۳۴
۳-۲ مشخصات خاک مورد آزمایش ۳۴
۳- ۲مشخصات طرح آزمایش ۳۶
۳-۳ عملیات اجرایی ۳۶
۳-۳-۱ نقشه کاشت ۳۶
۳-۳-۲ آماده سازی زمین و کاشت ۳۸
۳-۳-۳ آمادهسازی بذرها ۳۸
۳-۴ عملیات داشت ۳۹
۳-۴-۱ آبیاری ۳۹
۳-۴-۲ مبارزه با علف هرز و دفع آفات و بیماریها ۳۹

۳-۴-۳ واکاری و تنک ۴۰
۳-۵ نمونه برداری ۴۰
۳-۶ ارزیابی صفات مرفولوژیک ۴۰
۳-۷ وزن خشک برگ ۴۰
۳-۸ برداشت نهایی ۴۱
۳-۹ شاخص برداشت(HI) ۴۲
۳-۱۰ نسبت برابری زمین ۴۲
۳-۱۱ روش رنگ آمیزی میکوریزا و بافت شناسی میکوریزا ۴۲
۳-۱۲ اندازه گیری فسفر قابل جذب خاک به روش اولسن(خاکهای خنثی و قلیایی) ۴۳
۳-۱۲-۱-۱تهیه محلولهای شیمیایی ۴۳
۳-۱۲-۲ روش کار ۴۵
۳-۱۲-۳ محاسبات ۴۵
۳-۱۳ اندازه گیری مقدار کلروفیل ۴۶
۳-۱۴ تجزیه و تحلیل اطلاعات ۴۷
فصل چهار: نتایج و بحث ۴۸
۴-۲ عملکرد بیولوژیک لوبیا چشم بلبلی ۵۱
۴-۵ تعداد دانه در غلاف ۵۵
۴-۶ وزن خشک غلاف لوبیا ۵۵
۴-۷ شاخص برداشت لوبیا ۵۷
۴-۸ ارتفاع بوته لوبیا ۵۹
۴-۹ تعداد گره لوبیا ۶۰
۴-۱۰ درصد کلونیزاسیون ریشه لوبیا ۶۲
۴-۱۱ میزان کلروفیل کل، کلروفیل a و کلروفیل b برگ لوبیا ۶۴
۴-۱۲ میزان کاروتنوئید در برگ لوبیا ۶۶
۴-۱۳عملکرد دانه ذرت ۶۸
۴-۱۴ عملکرد بیولوژیک ذرت ۷۰
۴-۱۵ وزن صد دانه ذرت ۷۲

۴-۱۶ تعداد دانه در بلال ۷۳
۴-۱۷ وزن خشک بلال ۷۵
۴-۱۸ تعداد ردیف در بلال ذرت ۷۶
۴-۱۹تعداد دانه در ردیف بلال ۷۶
۴-۲۰ شاخص برداشت ذرت ۷۸
۴-۲۱ ارتفاع بوته ذرت ۷۹
۴-۲۲ درصد کلونیزاسیون ریشه ذرت ۸۱
۴-۲۳ میزان کلروفیل کل، کلروفیل a و کلروفیل b برگ ذرت ۸۲
۴- ۲۵ فسفر خاک فسفر ۸۵
۴-۲۶ نسبت برابری زمین ۸۷
نتیجه گیری ۹۰
پیشنهادها ۹۱
منابع: ۱۰۴

فهرست جداول

جدول ضمیمه ۱ میانگین مربعات برخی از خصوصیات لوبیا چشم بلبلی ۹۳
جدول ضمیمه ۲- میانگین مربعات برخی از خصوصیات لوبیا چشم بلبلی ۹۳
جدول ضمیمه ۳- میانگین مربعات برخی از خصوصیات ذرت ۹۴
جدول ضمیمه ۴ -میانگین مربعات برخی از خصوصیات ذرت ۹۴
جدول ضمیمه ۵- میانگین مربعات فسفر خاک و نسبت برابری زمین ۹۵
جدول ضمیمه ۶- مقایسه میانگین برخی از خصوصیات لوبیا چشم بلبلی ۹۶
جدول ضمیمه ۷- مقایسه میانگین برخی از خصوصیات لوبیا چشم بلبلی ۹۷
جدول ضمیمه ۸- مقایسه میانگین برخی از خصوصیات لوبیا چشم بلبلی ۹۸
جدول ضمیمه ۹- مقایسه میانگین برخی از خصوصیات ذرت ۹۹
جدول ضمیمه ۱۰- مقایسه میانگین برخی از خصوصیات ذرت ۱۰۰
جدول ضمیمه ۱۱- مقایسه میانگین برخی از خصوصیات ذرت ۱۰۱
جدول ضمیمه ۱۲- مقایسه میانگین فسفر خاک و نسبت برابری زمین ۱۰۲

فهرست اشکال

شکل ۳-۱ نقشه کاشت ۳۷
شکل ۴- ۱ تأثیر تیمارهای کشت خالص و مخلوط بر عملکرد دانه لوبیا چشم بلبلی ۵۰
شکل ۴-۲ تأثیر تیمارهای کشت خالص و مخلوط بر عملکرد بیولوژیک لوبیا چشم بلبلی ۵۱
شکل ۴-۳ تأثیر تیمارهای کشت خالص و مخلوط بر وزن صد دانه لوبیا چشم بلبلی ۵۴
شکل ۴-۴ تأثیر تیمارهای کشت خالص و مخلوط بر وزن غلاف لوبیا چشم بلبلی ۵۶
شکل ۴- ۵ تأثیر تیمارهای کشت خالص و مخلوط بر شاخص برداشت لوبیا چشم بلبلی ۵۸
شکل ۴- ۶ تأثیر تیمارهای کشت خالص و مخلوط بر ارتفاع ساقه لوبیا چشم بلبلی ۵۹
شکل ۴- ۷ تأثیر تیمارهای کشت خالص و مخلوط بر تعداد گره ریشه لوبیا چشم بلبلی ۶۱
شکل ۴- ۸ تأثیر تیمارهای کشت خالص و مخلوط بر درصد کلونیزاسیون ریشه لوبیا چشم بلبلی ۶۳
شکل ۴- ۹ تأثیر تیمارهای کشت خالص و مخلوط بر کلروفیل کل، کلروفیل a، کلروفیل b لوبیا چشم بلبلی ۶۵
شکل ۴-۱۰ تأثیر تیمارهای کشت خالص و مخلوط بر میزان کاروتنوئید در برگ لوبیا چشم بلبلی ۶۷
شکل ۴-۱۱ تاثیر تیمارهای کشت خالص و مخلوط بر عملکرد دانه ذرت ۶۸
شکل ۴-۱۲ تأثیر تیمارهای کشت خالص و مخلوط بر عملکرد بیولوژیک ذرت ۷۱
شکل ۴-۱۳ تأثیر تیمارهای کشت خالص و مخلوط بر وزن صد دانه ذرت ۷۲
شکل ۴-۱۴ تأثیر تیمارهای کشت خالص و مخلوط بر تعداد دانه در بلال ذرت ۷۴
شکل ۴-۱۵ تأثیر تیمارهای کشت خالص و مخلوط بر وزن خشک بلال ذرت ۷۵
شکل ۴- ۱۶ تأثیر تیمارهای کشت خالص و مخلوط بر تعداد دانه در ردیف ذرت ۷۷
شکل ۴-۱۷ تأثیر تیمارهای کشت خالص و مخلوط بر شاخص برداشت ذرت ۷۸
شکل ۴-۱۸ تاثیر تیمارهای کشت خالص و مخلوط بر ارتفاع بوته ذرت ۸۰
شکل ۴-۱۹ تاثیر تیمارهای کشت خالص و مخلوط بر درصد کلونیزاسیون ریشه ذرت ۸۱
شکل ۴-۲۰ تأثیر تیمارهای کشت خالص و مخلوط بر کلروفیلa، کلروفیل b و کلروفیلکل برگ ذرت ۸۳
شکل ۴-۲۱ تأثیر تیمارهای کشت خالص و مخلوط بر محتوی کاروتنوئید برگ ذرت ۸۵
شکل ۴-۲۲ تاثیر تیمارهای کشت خالص و مخلوط بر محتوی فسفر خاک ۸۶
شکل ۴-۲۳ تاثیر تیمارهای کشت خالص و مخلوط بر نسبت برابری زمین ۸۸

مقالات مستخرجه از پایان نامه

۱-بررسی همزیستی توام قارچ میکوریزای آرباسکولار و باکتری مزوریزوبیوم بر عملکرد و اجزای عملکرد کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم بلبلی . مجله علمی پژوهشی یافته های نوین در کشاورزی.

۲-تاثیر همزیستی توأم قارچ میکوریزا آرباسکولار و باکتری ریزوبیوم بر کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم بلبلی. کنفرانس ملی حفاظت از تنوع زیستی و دانش بومی. کرمان ۱۰ و ۱۱ اسفند ۱۳۸۹.

۳-بررسی همزیستی توأم قارچ میکوریزا آرباسکولار و باکتری مزوریزوبیوم بر عملکرد ذرت و لوبیا چشم بلبلی در کشت مخلوط. نخستین همایش ملی جهاد اقتصادی در عرصه کشاورزی و منابع طبیعی. قم.۲۴ و ۲۵ آبان ماه ۱۳۹۰.

۴-بررسی اثرهای همزیستی توام قارچ میکوریزا آرباسکولار و باکتری مزوریزوبیوم بر عملکرد کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم بلبلی. ساوه. اولین همایش ملی مباحث نوین در کشاورزی.۱۷ آبان ماه ۱۳۹۰

۵-اثر قارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم بر میزان کلرو فیل کل درت و لوبیا چشم بلبلی در کشت مخلوط. همایش ملی دستاوردهای نوین در زراعت. شهر قدس ۲۵ و ۲۶ آبان ماه ۱۳۹۰ .

۶-مقایسه میزان پیگمان های فتوسنتزی بین ذرت و لوبیا در کشت مخلوط تحت تاثیر توأم باکتری و قارچ. چهارمین همایش ملی حبوبات ایران. اراک. ۱۹ و ۲۰ بهمن ۱۳۹۰

فصل اول

مقدمه و تعاریف

مقدمه

در چند دهه گذشته افزایش سرعت رشد جمعیت و صنعتی شدن کشاورزی سبب افزایش گرایش به سیستم‌های تک کشتی شده است استفاده از سیستم‌های کشاورزی صنعتی علی رغم عملکرد و دستیابی به تولید زیادتر باعث وارد آمدن خسارت جبران ناپذیری به اکوسیستم‌های طبیعی شده است و پایداری اکوسیستم را در معرض خطر قرار داده است. بنابراین چالش اصلی در کشاورزی پایدار این است که استفاده از نهاده‌های خارجی اکوسیستم به حداقل کاهش یابد در حالی که منابع داخل اکوسیستم به نحو بهتر و راندمان بیشتر مورد استفاده قرار گیرد و لذا گرایش به سمت طراحی و مدیریت سیستم‌های که بر فرایندهای اکولوژیک در جهت حفظ تولید و کنترل آفات وابستگی کمتری به مواد شیمیایی دارند تأکید می‌شود (قنبری، ۲۰۰۰). نتیجه ساده سازی و کاهش تنوع، ایجاد نظام-های مصنوعی است که به مداخله انسان نیاز دارند در صورتی که در اکوسیستم‌های طبیعی تنظیم داخلی، حاصل از تنوع گیاهی موجود است (آلتری، ۱۹۹۹). بالا بردن تنوع در بوم نظام‌های زراعی و استفاده از مخلوط واریته‌ها به تخریب کمتری ناشی از آفات و علف هرز در مقایسه با تک کشتی منجر می‌شود. البته افزایش تنوع پیچیدگی ذاتی بوم نظام‌های زراعی را افزایش می‌دهد و از این طریق فرایندهای آن را تقویت می‌کند (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۸). نقش اکولوژیکی تنوع در بوم نظام‌های زراعی فراتر از تولید مواد غذایی است و اثرات مثبتی نظیر چرخه مواد غذایی، کنترل علف هرز، آفات و بیماری‌ها را در بر دارد. یکی از راه‌های افزایش تنوع در بوم نظام‌های زراعی استفاده از انواع چند کشتی از جمله کشت مخلوط است که بسیاری از محققین کشت مخلوط را عامل افزایش تنوع در اکوسیستم‌های زراعی می‌دانند (کوچکی ، ۱۳۸۸).کشت مخلوط به عنوان یکی از مؤلفه‌های مؤثر کشاورزی پایدار ضمن افزایش تنوع بوم شناختی و اقتصادی، باعث افزایش عملکرد در واحد سطح، استفاده کارآمدتر از منابع، کاهش مشکلات آفات، افزایش ثبات نظام و تغذیه مطلوب‌تر انسان و دام می شود (مهدوی دامغانی، ۱۳۸۵). کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص دارای مزایای زیادی از جمله افزایش عملکرد، افزایش راندمان استفاده از عناصر غذایی، تشعشع خورشیدی و آب می‌باشد

(مظاهری، ۱۳۷۵) و یکی از راه‌کارهای دیگر برای افزایش تنوع گونه‌ای شناخت و بکار گیری پتانسیل بیولوژیک خاک است. تنوع زیستی موضوع مهم در تحقیق پیرامون سامانه پایدار است اما بـر روی ریـز موجودات و تأثیر تنوع آنها بر گونه‌های زراعی کمتر مورد توجه قرار گرفته اسـت درک اثـر مداخلـه در تنوع ریزموجودات و کارکرد آنها می‌تواند به میزان بسیاری بـه شـناخت کیفیـت خـاک و توسـعه بـوم نظام‌هـای کشـاورزی کمـک کنـد (کـوچکی و همکـاران، ۱۳۸۷). اسـتفاده از کودهـای بیولوژیـک در کشاورزی از قدمت بسیار زیادی برخوردار است و در گذشته نه چنـدان دور تمـام مـواد غـذایی مـورد استفاده انسان با استفاده از چنین منابع ارزشمندی تولید می‌شده است. ولی بهره برداری علمی از ایـن گونه منابع سابقه چندانی ندارد. اگرچه کاربرد کودهای بیولوژیک به علل مختلـف در طـی چنـد دهـه گذشته کاهش یافته است ولی امروزه با توجه به مشکلاتی که مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی بوجود آورده است، استفاده از آنها در کشـاورزی مجـدداً مطـرح شـده اسـت. بـدون تردیـد کـاربرد کودهـای بیولوژیک علاوۀ بر اثرات مثبتی که بر کلیه خصوصـیات خـاک دارد، از جنبـه‌هـای اقتصـادی، زیسـت محیطی و اجتماعی نیز مثمر ثمر واقع شده و می‌تواند به عنـوان جـایگزینی مناسـب و مطلـوب بـرای کودهای شیمیایی باشد. در حال حاضر نگرش‌های جدیدی که در ارتبـاط بـا کشـاورزی تحـت عنـوان کشاورزی پایدار، ارگانیک و بیولوژیک مطرح می‌باشد به بهره بـرداری از چنـین منـابعی اسـتوار اسـت (صالح راستین،۱۳۸۰). کودهای بیولوژیک میکروارگانیسم‌هایی هستند که قادرنـد عناصـر غـذایی را از شکل غیر قابل استفاده به شکل قابل استفاده تبدیل کنند و این تبدیل در یک پروسه بیولوژیکی انجام می گیرد. هزینه تولید کودهای بیولوژیک کم و در اکوسیستم آلودگی بوجـود نمـی‌آورنـد (رحمـانی و همکاران،۱۳۸۴). یکی از مهمترین چرخه‌های بیوشیمیایی خاک همزیستی بـاکتری‌هـای ریزوبیـوم بـا بقولات است که در اکوسیستم‌های طبیعی و کشاورزی دارای اهمیت فراوانی است (فلاح ، ۱۳۸۵) و از دیگر کودهای بیولوژیک که می‌توان نام برد قارچ میکوریزا آرباسکولار است که بخـش نسـبتاً مهمـی از موجودات خاکزی را شامل می‌شود. همزیستی این قارچ با ریشـه گیاهـان میزبـان و تشـکیل سیسـتم میکوریزایی نقش مهمی در حاصلخیزی و پایداری اکوسیستم خاک دارد (رابرت، ۲۰۰۸).

۱-۱-۱ منشأ، گیاهشناسی و اهمیت ذرت

۱-۱-۱-۱ مبدأ و تاریخچه ذرت

ذرت گیاهی است که تاریخ دقیق پیدایش و کشت کار آن دقیقاً مشخص نیست و اظهار نظرهای متعددی در مورد منشاء آن ابراز شده است و به احتمال زیاد مبدأ آن را مکزیک و آمریکای مرکزی و همچنین کشورهای آمریکای جنوبی مانند پرو، بولیوی، و اکوادور دانسته‌اند. ذرت تا قبل از سال ۱۴۹۲ میلادی (سال کشف آمریکا) در قاره آسیا، اروپا و آفریقا بعنوان یک گیاه زراعی شناخته شده نبود. اما این گیاه را از قرن‌ها قبل در آمریکا مرکزی می‌شناختند و توسط مردم سرخ پوست آمریکا کشت می‌شد (تاج بخش، ۱۳۷۵). تاریخچه دقیق ورود این گیاه به ایران نیز دقیقاً مشخص نمی‌باشد و درباره نحوه‌ی ورود آن به ایران گفته‌ها متفاوت است. برخی معتقدند که ذرت توسط پرتغالی‌ها از جنوب ایران وارد شده است و ابتدا در همان جا کشت می‌شده است. برخی دیگر نیز ورود ذرت را به دوران شاه اسماعیل صفوی نسبت می‌دهند (میرهادی، ۱۳۸۰).

۱-۱-۱-۲ اهمیت اقتصادی ذرت

ذرت یکی از گیاهان با ارزش علوفه‌ای است که تنوع، سازگاری بالا و ارزش غذایی فراوانش آن را در ردیف مهمترین گیاهان زراعی جهان قرار داده است سطح زیر کشت، میزان تولید در هکتار و مقدار مصرف ذرت، در طی سال‌های اخیر در اغلب کشورهای جهان افزایش شدیدی یافته به نحوی که در بین غلات مقام سوم را پس از گندم و برنج کسب نموده است. مهمترین کشورهای تولید کننده ذرت شامل امریکا، آرژانتین، برزیل، کلمبیا، مکزیک، رومانی، فرانسه و ... می باشند (تاج بخش، ۱۳۷۵).

۱ ۱-۱-۳ وضعیت رویشی و زایشی ذرت

ذرت گیاهی است تک لپه‌ای و یکساله از خانواده گندمیان *Poaceae* با نام علمی *Zea mays L.* با ۲n =۲۰ کروموزوم است. تعداد ریشه اولیه ۳-۵ بوده بر خلاف ریشه‌های اولیه بعضی از غلات که پس از تکمیل ریشه‌های ثانویه از بین می‌روند، در این گیاه باقی می‌ماند و از گیاه جدا نمی‌شود. ریشه‌های ثانویه که به ریشه دائمی نیز مشهور هستند به تعداد ۱۵-۲۰ برابر ریشه اولیه بوده، و از میان گره ساقه و از ۳-۵ سانتی متری خاک تشکیل می‌شوند. ریشه‌های هوایی که به ریشه‌های نابجا معروف هستند از گره‌های دوم و سوم در بالای سطح خاک به وجود می‌آیند و ضمن کمک به استقرار نبات در خاک در جذب آب و مواد غذایی نیز مؤثرند (امام، ۱۳۸۳). طول ساقه ذرت ۶۰ سانتی متر تا ۶ متر تغییر نموده و در بعضی شرایط طول ساقه ممکن است به ۸ متر نیز برسد ذرت دارای ساقه بند بند، گره‌دار و توپر، ولی معمولاً مستقیم و بدون انشعاب است تعداد میان گره‌ها بین ۸ تا ۲۱ و فاصله میان گره‌ها در انواع مختلف بین ۶ تا ۲۰ سانتی متر تغییر می‌نماید (تاج بخش، ۱۳۷۵). برگ‌ها به صورت متناوب در روی ساقه قرار می‌گیرند بدین معنی که در هر گره ساقه یک برگ به وجود می‌آید که شامل یک غلاف که ساقه را در بر می‌گیرد و یک پهنک پهن و بزرگ که ممکن است یک لیگول یقه مانند داشته باشد (تاج بخش، ۱۳۷۵). ذرت گیاهی است یک پایه و گل‌های نر و ماده در دو گل آذین جدا از هم ولی بر روی یک گیاه قرار می‌گیرند. گل نر به صورت خوشه‌ای و منشعب در انتهای ساقه (تاسل) قرار می‌گیرد گل آذین ماده (سنبل) دارای خوشه‌ای با محور قطور است و در روی سنبلچه-های فرعی و دوتایی در کنار هم قرار می‌گیرند. سنبل ذرت توسط پوشش‌های که در واقع غلاف‌های تغییر شکل یافته برگ است پوشیده و محافظت می شود و این پوشش را چمچه یا Spath می‌گوییم (امام، ۱۳۸۳).

۱-۱-۲ لوبیا چشم بلبلی

پس از غلات دومین منبع مهم غذایی بشر حبوبات می‌باشد یکی از مهمترین حبوبات در جهان لوبیا است که از نظر سطح زیر کشت جهان مقام اوّل را داراست. لوبیا گیاهی دو لپه‌ای است که متعلق به خانواده بقولات یا Fabaceae است تمام گونه‌های لوبیا متعلق به دو جنس عمده است. جنس *Phaseolus* که نام جنس تمام گونه‌های بذر درشت آمریکای است (Bean و Wild) و جنس *Vigna* که شامل گونه‌های آسیایی است (کوچکی و بنایان، ۱۳۷۵). لوبیا چشم بلبلی (*Vigna sinensis*) را با نام‌های دیگری مانند لوبیا چشم سیاه، نخود چشم سیاه، نخود جنوبی، نخود چیتی و نخود تیله‌ای (مرمری) نیز می‌شناسند و در رده بقولات گرمسیری قرار گرفته است. منشاء این گیاه آفریقا بوده و از آنجا به هندوستان و چین و قسمت‌های مرکزی و شمال آفریقا منتقل شده است لوبیا چشم بلبلی به عنوان کود سبز، علوفه‌ای سیلویی و گیاه پوششی استفاده می‌شود. درکشورهای در حال توسعه مردم اساساً از محصولات پر نشاسته مثل برنج، گندم، ذرت، سیب زمینی و کاساوا تغذیه می‌کند و این محصولات از نظر پروتئین فقیر است و حبوبات از نظر پروتئین غنی می‌باشد، ۲۰ تا ۳۰ درصد از وزن دانه‌های حبوبات را پروتئین تشکیل می‌دهد (مجنون حسینی، ۱۳۸۷).

۱-۱-۲-۱ وضعیت رویشی و زایشی لوبیا چشم بلبلی

لوبیا چشم بلبلی گیاهی است یکساله علفی با رشد کم، بوته‌ای و تا حدودی رونده است این گیاه دارای ۱۱جفت کروموزوم ۲n=۲۲ است. دارای یک ریشه راست به طول ۶۰ یا ۸۰ سانتی متر است عرض آن از ۰/۵ تا ۱/۵ متغییر است. لوبیا چشم بلبلی گیاهی روز کوتاه است. رنگ ساقه آن بسته به نوع واریته متفاوت است برگ‌های آن دمبرگ بلندی داشته و سه برگچه‌ای است. بر روی هر محور گل آذین آن بیشتر از ۱۲ گل وجود دارد. غلاف‌ها پهن یا استوانه‌ای است و به سادگی باز می‌شود بذرها

بیضوی، گرد یا لوله‌ای شکل هستند و سطح بذر صاف و بندرت چروکیده است (مجنون حسینی، ۱۳۸۷).

۱ ۱-۲-۲ عوامل محیطی مؤثر بر رشد لوبیا چشم بلبلی

از آنجائیکه مبدأ لوبیا چشم بلبلی آفریقای مرکزی است لذا گیاه آب و هوایی گرم بشمار می‌رود و حرارت را بهتر از حبوبات دیگر تحمل می‌کند. مناسب‌ترین گرمای خاک برای رشد اولیه آن ۱۴ درجه سانتی گراد است. برای جوانه زدن لوبیا چشم بلبلی به دمای بین ۱۵– ۱۲ درجه سانتی گراد نیاز دارد و در دمایی بین ۳۵-۲۷ درجه سانتی گراد دارای بهترین رشد و نمو خواهد بود. این گیاه به سرما حساس بوده و در یخبندان از بین می‌رود. لوبیا چشم بلبلی مقاوم به خشکی هوا بوده ولی خشکی خاک بر روی تولید محصول اثر نامطلوب می‌گذارد. آبیاری در هنگام گلدهی و تشکیل بذر تأثیر نیکوئی خواهد داشت. این نبات نیاز مخصوصی به خاک نشان نداده، و به خوبی در خاک‌های شنی و رسی می‌تواند رشد کند (مجنون حسینی،۱۳۸۷).

۱-۱-۳ کشت مخلوط (Intercropping)

کشت مخلوط عبارت است از کشت توأم دو یا چند گونه گیاهی در زمان و مکان مشخص، به گونه‌ای که گیاه در اکثر دوره رویش خود در مجاورت گیاه دیگر باشد ولی لزومی ندارد که این گیاهان همزمان کشت و برداشت شوند، بلکه می‌توان یک گیاه را همزمان و یا مدتی پس از گیاه اول کشت نمود و همزمان یا بعد از آن برداشت کرد (مظاهری، ۱۳۷۵).

۱ ۱-۳-۱ الگوهای کاشت و روش اجرای کشت مخلوط

الگوهای کاشت مرسوم در سیستم‌های مخلوط الگوی کاشت نواری و ردیفی را شامل می‌شود. در الگوی نواری اجزائی مخلوط در نوارهای متناوب کشت می‌گردند. فواید این سیستم عبارت از کاهش فرسایش خاک و افزایش عملکرد آن نسبت به سیستم تک کشتی است (غفاریان، ۱۳۸۱). در الگوی کشت مخلوط ردیفی گیاهان انتخابی در ردیف‌های متناوب، رشد می‌یابند. این روش بیشتر در مناطقی اجراء می‌شود که در آنها زمین‌های زراعی کوچکتر است و عملیات داشت و برداشت با استفاده از نیروی انسانی انجام می‌شود. این روش در بسیاری از مناطق گرمسیری، متداول است در گذشته کشت مخلوط را با افزایش تعدادی از گیاه دوم به زراعت اصلی انجام می‌دادند. بدین ترتیب که اگر در زراعت تک کشتی تعداد X پایه از گونه A و Y پایه از گونه B در واحد سطح کشت می‌شد. در زراعت مخلوط Y+X پایه از دو گیاه در واحد سطح کشت می‌شوند (مظاهری، ۱۳۷۵). بنابراین، تراکم گیاه بیشتر از حد مطلوب و ارزیابی زراعت مخلوط با اشکال مواجه می‌شد ولی به تدریج این شیوه‌ها بهبود پیدا کرد و روش‌های متنوعی به شرح زیر به کار گرفته شدند:

۱ ۱-۳-۱-۱ طرح افزایش کامل

در این طرح دامنه کاملی از ترکیبات ممکن دو گونه A و B و تراکم‌های متعددی از دو گونه آزمایشی مورد بررسی قرار می‌گیرند (مظاهری، ۱۳۷۵)

۱ ۱-۳-۱-۲ سری جایگزینی

در این روش، تراکم ثابت می‌ماند. ولی نسبت دو گونه‌ای A وB تغییر می‌یابد. بدین ترتیب که نسبت-های مختلف کاشت (تک کشتی هر دو گونه و ترکیات مختلف در کشت مخلوط) در یک تراکم خاص استفاده می‌شود (جوانشیر و همکاران، ۱۳۷۹)

در روش سری جایگزینی عملکرد مورد انتظار، محور نتایج بوده و از سه شرط اساسی زیر برخوردار می‌باشد:

- رقابت نسبی دو گونه بایستی یکسان باشد.
- اثرات رقابت درون و برون گونه‌ای برای هر گیاه یکسان باشد.
- با تغییر نسبت‌های گونه‌ای در مخلوط تساوی‌ها تغییر نکند.

۱-۱-۴ اهمیت کشت مخلوط

۱-۱-۴-۱ کاهش خطر احتمالی

در مواقع شیوع بیماری‌ها، حمله آفت و یا حوادث غیر قابل پیش بینی مانند خشکی، گیاهانی که به صورت مخلوط کشت شده‌اند کمتر صدمه می بیند (فیکی و همکاران، ۲۰۱۰)، زیرا وجود گیاه مجاور مانع از حرکت آفت یا عوامل بیماری‌زا به سایر گیاهان میشود علاوه بر این ممکن است در کشت مخلوط حالت مکملی نیز وجود داشته باشد. یعنی اگر یک گیاه در اثر حمله آفات، بیماری و یا عوامل جوی صدمه دید گیاه دوم از فضای بیشتری استفاده کرده و محصول بهتری نسبت به تک کشتی خواهد داد (مظاهری، ۱۳۷۵)

۱-۱-۴-۲ استفاده حداکثری از منابع:

چنانچه گونه‌های گیاهی با خصوصیات مرفولوژی و فیزیولوژی متفاوت، در مجاورت یکدیگر کشت شوند قادر خواهند بود که حداکثر استفاده از منابع و عوامل محیطی استفاده بهینه بنمایند (آلن و همکاران، ۲۰۰۳). از نظر رقابت چنین استنباط می‌شود که گونه‌های مختلف گیاهی در مجاورت یکدیگر برای جذب عناصر و آب 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. یکی از راه‌هایی که باعث مکمل بودن دو گیاه می‌شود، اختلاف زمانی در دوره رویش گیاهان است. اگر طول مدت رشد گیاهان با یکدیگر متفاوت باشد، مواد مورد نیاز خود را در زمان‌های مختلف تأمین می‌نماید (مظاهری، ۱۳۷۵). وقتی دو گیاه به صورت مخلوط کشت می‌شود تفاوت‌های در ساختمان تاج پوششی (کنوپی) و خصوصیات ریشه وجود دارد که می‌تواند جذب آب و املاح از خاک و نور خورشید را بیشتر کند (کاروبا، ۲۰۰۸). اگیندو و اکرا (۲۰۰۴) در بررسی مشاهده کردند که کشت مخلوط افزایشی ذرت و لوبیا آب بیشتری از اعماق خاک نسبت به کشت خالص هر دو گیاه جذب کرده است. لذا جذب آب در کشت مخلوط ذرت و لوبیا، کشت خالص ذرت و کشت خالص لوبیا به ترتیب ۱۲۱، ۱۱۴ و ۱۰۳ میلی لیتر بوده است در حالیکه جذب آب لایه سطحی خاک، اختلاف بین آنها مشاهده نشد این محققین علت این موضوع را انشعاب بیشتر ریشه با توجه به تراکم بیشتر کشت مخلوط اعلام کردند با این وجود که کشت مخلوط باعث افزایش رشد ریشه و جذب آب و مواد غذایی می‌شود. همچنین مشاهده کردند که کشت مخلوط ذرت و لوبیا نسبت به کشت خالص حداقل تبخیر آب از سطح خاک را داشته‌اند و علت این امر سطح برگ بیشتر و پوشش سریعتر زمین است که باعث می‌شود انرژی قابل استفاده برای تبخیر کاهش یابد.

۱ ۱-۴-۱- ۳ بدست آوردن سود بیشتر

به علت استفاده مؤثر از منابع موجود میزان کمیت و کیفیت در کشت مخلوط افزایش یافته و در نتیجه سود بیشتری عاید زارع می‌شود. فیکی و همکاران (۲۰۱۰) گزارش دادند که کاهش آفات و بیماری در کشت مخلوط هزینه ورود حشره کش و کودهای شیمیای را کاهش می‌دهد، و کیفیت مواد غذایی و قیمت فروش محصولات کشاورزی افزایش می‌یابد و در نتیجه سود بیشتری عاید کشاورز می‌شود. لنگ و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردن که مخلوط کردن واریته‌های برنج باعث افزایش عملکرد می‌شود.

۱-۱-۴-۴ کنترل علفهای هرز

علف‌های هرز یکی از اجزای مکمل بوم نظام‌های کشاورزی هستند علف‌های هرز به دلیل آثار مخرب ناشی از رقابت بر عملکرد محصولات گیاهان زراعی و یا به دلیل اینکه تأمین کننده منابع مورد نیاز حشرات آفات و عوامل بیماری‌زا هستند و از دیر باز جزئی نامطلوب از بوم نظام شناخته شده است. وجود توأم دو گیاه در مقایسه با یک محصول باعث می‌گردد که بطور مؤثرتری از منابع بهره برداری کرده و بنابراین منابع کمی برای علفهای هرز باقی خواهد ماند (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۷). یکی از تمهیدات مهم در کنترل علف هرز از دیدگاه کشاورزی پایدار استفاده از کشت مخلوط محصولات مختلف زراعی با یکدیگر است (گومز، ۲۰۰۵). طبق تحقیقات انجام شده کشت مخلوط با سایه‌اندزی و خفه کردن علف هرز و در برخی موارد با خواص آللوپاتیکی گیاهان زراعی از رشد و گسترش علف هرز جلوگیری می‌کند (سنجانی و همکاران، ۱۳۸۸). سایه اندازی توسط گیاهان همراه درکشت مخلوط همچنین باعث القاء خواب ثانویه در بذور علف هرز می‌شود که می‌تواند به علت تغییر در کیفیت نور و یا در دامنه تغییرات شدید دمای خاک باشد (باتلی و همکاران، ۲۰۰۰).

۱-۱-۴-۵ کاهش آفات و امراض گیاهی

هنگامی که یک بوم نظام توسط محصول زراعی غالب می‌شود و یا تنوع زیستی آن کاهش می‌یابد و ساده می‌شود آفات در آن تکثیر و باعث ایجاد خسارت می‌شوند در بسیاری از کشت‌های خالص محصولات زراعی، تنوع موجودات از جمله دشمنان طبیعی آفات احتمالاً پایین است و دسترسی به منابع غذایی برای آفات بسیار ساده می باشد (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۸). در بررسی چند نوع سیستم مختلف کشت مخلوط که ترکیب آنها عبارتند از: کشت مخلوط ساده (ارزن -سویا) کشت مخلوط پیچیده (ارزن – سویا - بادام زمینی- لوبیا چشم بلبلی) مشاهده شد که در سیستم کشت

مخلوط پیچیده تعداد کنه‌های شیره خوار غلاف[1] کاهش یافت (ساستاوا و همکاران، ۲۰۰۴). زیهو و همکاران (۲۰۰۵) اظهار داشتند که بیماری بلاست برنج در کشت مخلوط برنج نسبت به تک کشتی آن در حدود ۶۷ درصد خسارت کمتری داشت. با وجود این یولاف وقتی با باقلا درکشت مخلوط قرار می‌گیرند در مقابل هجوم شته غلات مقاومت بیشتری دارند (هلینوس، ۱۹۹۰). همچنین تحقیقات نشان داد که میزان بیماری بلایت سیب زمینی در کشت مخلوط آن نسبت به تک کشتی آن کاهش یافت (ونگ و همکاران، ۲۰۰۵).

۱ ۱-۴-۶ حاصل‌خیزی خاک

کشت مخلوط برای مدیریت فرسایش خاک، بهبود باروری خاک و ... استفاده می‌شود. اما به طور گسترده کشت مخلوط در کشورهایی که زمین زراعی محدود دارند و برای کمک به تنوع زیستی و امنیت غذایی استفاده می‌شود (کوچکی و نجیب نیا، ۱۳۸۷). در کشت مخلوط حجم بیشتری از خاک مورد استفاده قرار می‌گیرد و از طرف دیگر بقایای گیاهی که در این نوع زراعت در خاک باقی می‌ماند بیشتر است بنابراین هوموس و مواد غذایی بیشتری در خاک فراهم می‌شود. و همچنین با افزایش پوشش گیاهی در مدت زمانی که خاک در معرض فرسایش قرار دارد می‌توان خاک را حفظ نمود (مظاهری، ۱۳۷۵). مورگادو و دیبزینکیز (۲۰۰۸) مشاهده کردند که کشت مخلوط باعث افزایش حاصلخیزی خاک و نسبت برابری زمین LER[2] می‌شود.

۱ ۱-۴-۷ اثر کشت مخلوط بر میکروارگانیسم‌های خاک

جزء زیستی خاک عهده‌دار تشکیل ماده آلی زنده در خاک، چرخه عناصر غذایی، ساختمان خاک و کارکردهای بسیار دیگر است و به علت تنوع زیاد فرایندهایی که ریز موجودات در آن مشارکت

1 *Nezara viridula*
2 Land Equivalent Ratio (LER)

دارند، تنوع ریز موجودات برای کارکرد بوم نظام‌ها مهم می‌باشد کارکرد بوم نظام به میزان زیاد توسط پویایی ریزموجودات خاک تحت تأثیر قرار می‌گیرد (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۸). افزایش تنوع گیاهی و نیز افزایش کمیت و کیفیت مواد آلی در خاک توانایی‌های بالقوه موجودات جانوران ریز و متوسط خاک را افزایش میدهد. بیشترین فعالیت زیستی در ۲۰ سانتی متری بالای خاک یعنی در لایه شخم خورده خاک‌های زراعی رخ میدهد از آنجا که ریشه‌ها اسیدهای آمینه و قندها را تراوش میکنند باکتری‌ها و قارچ‌ها در نزدیک ریشه تجمع کرده تا از این مواد مترشحه به عنوان منبع تغذیه استفاده کنند باکتری‌ها و قارچ‌ها در حد کمتری مسئول عمده معدنی شدن نیتروژن در بوم نظام های زراعی هستند و تنوع باکتری خاک زی *Burkholderia cepaia* اغلب در ارتباط با محیط ریشه گیاهان است و با تنوع گیاهی افزایش می‌یابد (کوچکی و نجیب نیا، ۱۳۸۷).

کشت مخلوط علاوه بر محاسنی که دارد معایبی نیز دارد که عبارتند از:

- رقابت بین گونه‌ای
- محدودیت استفاده از ماشین‌های کشاورزی
- اللوپاتی
- متفاوت بودن نیازهای غذایی و سموم شیمیایی
- مدیریت مزرعه

۱-۵ کودهای بیولوژیک

کیفیت خاک نه تنها به خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن وابسته است، بلکه ارتباط بسیار نزدیکی با خصوصیات بیولوژیکی آن نیز دارد (فلاح، ۱۳۸۵). پیشینه کاربرد کودهای زیستی به قدمت آغاز کشاورزی بوده و مخلوط کردن بذر نیامدارانی چون یونجه با خاک یونجه زار قبل از کشت نمونه های بارز استفاده از کودهای زیستی در کشاورزی سنتی می‌باشد (وسی، ۲۰۰۳). در کشاورزی نوین نیز

پیشینه دانش استفاده از ریزجانداران مفید خاکزی به زمان استفاده از کودها در کشاورزی باز می‌گردد، به طوریکه نخستین مایه تلقیح را هیلتنر و ناب آمریکایی در سال ۱۸۹۵ تحت نام تجاری نیتراجین تولید و عرضه کردند (بیشن، ۱۹۹۸). گرچه استفاده از کودهای بیولوژیک در کشاورزی از قدمت بسیار زیادی برخوردار است و در گذشته نه چندان دور تمام مواد غذایی مورد استفاده انسان با استفاده از چنین منابع ارزشمندی تولید می‌شده است ولی بهره برداری علمی از اینگونه منابع سابقه چندانی ندارد. اگرچه کاربرد کودهای بیولوژیک به علل مختلف در طی چند دهه گذشته کاهش یافته است ولی امروزه با توجه به مشکلاتی که مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی بوجود آورده است، استفاده از آنها در کشاورزی مجدداً مطرح شده است. بدون تردید کاربرد کودهای بیولوژیک علاوه بر اثرات مثبتی که بر کلیه خصوصیات خاک دارد، از جنبه های اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی نیز مثمر ثمر واقع شده و می‌تواند به عنوان جایگزینی مناسب و مطلوب برای کودهای شیمیایی باشد (رحمانی و همکاران،۱۳۸۴). کودهای زیستی به مواد حاصل خیز کننده‌ای اطلاق می‌شود که حاوی تعداد کافی از یک یا چند گونه از ارگانیسم‌های مفید خاکزی هستند که روی مواد نگهدارنده مناسبی عرضه می‌شوند. کودهای زیستی بصورت مایه تلقیح میکروبی و به عنوان یک ترکیب حاصل از سویش‌های میکروبی مؤثر و با راندمان بالا برای تأمین یک یا چند عنصر غذایی مورد نیاز گیاه تعریف می‌شوند (صالح راستین،۱۳۸۰). یک سیستم ریشه‌ای فعال، ترکیبات آلی را به طور منظم به محیط ریشه گیاه آزاد می‌کند. این ترکیبات سبب رشد و افزایش جامعه میکروبی خاک شده که بدنبال آن تنوع کارکردی را تحت تاثیر قرار می‌دهد (فلاح، ۱۳۸۵). تعداد قابل توجهی از گونه‌های باکتریایی و قارچی خاک دارای روابط کارکردی با گیاهان بوده و اثرات مفیدی بر رشد آنها دارند (وسی، ۲۰۰۳).

۱-۵-۱ قارچ میکوریزا آرباسکولار

واژه میکوریزا اولین بار از سوی فرانک در سال ۱۸۸۵ ارائه شد. میکوریزا از دو کلمه (Myco) به معنی قارچ و (Rhiza) به معنی ریشه تشکیل شده است. میکوریزا نشان دهنده مشارکت در همزیستی بین قارچ و ریشه گیاه میزبان می‌باشد (تهت و همکاران، ۲۰۱۰) . در این سیستم قارچ پوشش گسترده‌ای از رشته‌های نخ مانند به هم تابیده به نام میسیلیوم را در اطراف ریشه گیاه میزبان تشکیل می‌دهد در این همزیستی قارچ، قند، اسیدهای آمینه ، ویتامین‌ها و برخی مواد آلی دیگر را از میزبان دریافت و در مقابل مواد معدنی و بیشتر از سایر مواد فسفات را از خاک جذب و در اختیار گیاه قرار می دهد (بارا، ۲۰۰۵). اولین بار اهمیت مایکوریزا در گلخانه‌های ارکیده مشخص شد، اکثر گیاهان قادر به تشکیل سیستم میکوریزایی هستند بطور کلی۹۰-۸۰ درصد از گیاهان قادر به تشکیل سیستم میکوریزایی هستند. تعداد محدودی از گیاهان زراعی قادر به تشکیل سیستم میکوریزایی نیستند و بیشتر این گیاهان جنس‌هایی از خانواده‌های *Brassicaceae*، *Chenopodiaceae* و *Polygonacea*e میباشند (فلاح، ۱۳۸۵).

۱ ۵-۱-۱ جنبه های زیست شناختی میکوریزا

میکوریزا بر اساس وضعیت قرار گرفتن میسیلیوم های آنها روی ریشه گیاهان میزبان به دو گروه کلی تقسیم می شوند.

الف) میکوریزای بیرونی (Ectomycorrhizae)

این نوع میکوریزاها بیشتر در اکوسیستم‌های جنگلی که دارای مخلوطی از درختان پهن برگ و سوزنی برگ هستند مشاهده می‌شود. در این نوع همزیستی قارچ تولید میسیلیوم انبوه و متراکمی روی سطح ریشه می‌کند ولی ریشه گیاهانی که با این نوع قارچ آلوده شده‌اند با پوشش متراکمی از

ریسه قارچها پوشیده شده‌اند و مستقیم با خاک تماس ندارند. این نوع میکوریزا از راه افزایش سطح جذّب ریشه باعث افزایش تحمل به خشکی گیاه میزبان به خصوص در مناطق خشک می‌شوند (اسمیت و رد، ۲۰۰۸).

ب) میکوریزای درونی (Endomycorrhizae)

در این نوع میکوریزا هیف از راه تارهای کشنده یا از راه سلول‌های اپیدرمی ریشه وارد سلول میزبان می شوند. هیف پس از ورود به سلول میزبان تولید شبکه‌ای می‌کند که این شبکه از رشته‌های نازک دو شاخه‌ای بنام آرباسکول تشکیل شده که دارای ساختاری شبیه اندام‌های مکنده می‌باشد تبادل متابولیت‌ها بین قارچ و سیتوپلاسم میزبان از طریق همین مناطق آرباسکول‌ها انجام می‌گیرد (فلاح، ۱۳۸۵). آرباسکول معمولا ۲۰ الی ۴۰ درصد حجم سلول را در بر می‌گیرند پس از مدتی از بین رفته و هضم می شوند. انشعابات میسیلیوم‌های درونی ساختمان‌های کیسه مانندی با دیواره ضخیم ایجاد می کنند که به آنها وزیکول می‌گویند. وزیکول اندام‌های ذخیره‌ای مواد غذایی و همچنین شکل پایدار قارچ هستند وجود ساختمان‌های آرباسکول در این نوع میکوریزاها سبب شده است که آنها را قارچ‌های آرباسکولار بنامند (استراک و همکاران، ۲۰۰۳). میکوریز آرباسکولار تاثیرات مثبتی در نظام-های زراعی دارند که اهم آنها عبارتند از: افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی به ویژه فسفر برای گیاهان، افزایش کارایی مصرف آب، افزایش مقاومت به تنش خشکی و تنش شوری، مقاومت به آفات و بیماری‌ها، تسریع درگلدهی گیاه میزبان، بهبود ساختمان خاک و تشکیل خاکدانه (واتسون و همکاران، ۲۰۰۶)، افزایش فتوسنتز، افزایش غلظت هورمون‌های گیاهی و محتوی کلروفیل (ریان و همکاران، ۲۰۰۲)، ایجاد واکنش‌های مورفولوژی در گیاهان، تأثیر در اختصاص مواد فتوسنتزی به اندام‌های گیاهان میزبان (وارم و همکاران، ۱۹۹۹)، افزایش قدرت رقابت گیاه میزبان در مقابل علف هرز، کاهش اثرات سوء مواد شیمیایی (قارچ‌کش، آفت کش، علف‌کش) (بثلن فلاوی و

همکاران،۱۹۹۶)، افزایش مقاومت گیاهان به عناصر سنگین (کاردوز و همکاران،۲۰۰۶)، و در صورت همزیستی توأم تشدید فعالیت باکتری ریزوبیوم را بدنبال خواهد داشت (آنتونز و همکاران،۲۰۰۶).

۱ ۱-۶-۲ باکتری ریزوبیوم

نیتروژن بعنوان عنصر اصلی در بیومولکول‌هایی نظیر اسیدهای نوکلئیک، مولکول‌های آدنوزین تری فسفات (ATP) ، نیکوتین آمید دی نوکلئوتید (NAD) ، پروتئین‌ها و در بسیاری از ترکیبات دیگر وجود دارد. تثبیت نیتروژن اتمسفری (N_2) به آمونیوم بخش عمده‌ای از نیتروژن قابل استفاده زیستکره[1]را تولید میکند. به طوری که سیستم های همزیستی ریزوبیوم و لگومینوز قادر است حدود ۸۵-۷۰ میلیون تن که حدود ۵۰ درصد کل نیتروژن تثبیت شده در مقیاس جهانی است و تقریبا با میزان تولید مجموع کارخانه های کود شیمیایی برابری می‌کند را تولید نماید (دادیور و همکاران، ۱۳۸۴). بین باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن جنس‌های *Sinorhizobium ,Bradyrhizobium* *Rhizobium, Mesorhizobium* یا *Azorhizobium* (که مجموعاً به عنوان رایزوبیوم شناخته می‌شوند) و با بیش از ۳۰۰۰ گونه بقولات رابطه همزیستی دارند (پل، ۲۰۰۷) نخستین کود میکروبی که به بازار عرضه شد نیتراژین می‌باشد که بیشتر در رابطه با عنصر نیتروژن بوده لذا باکتری استفاده شده در آن ریزوبیوم است. این کود بیولوژیک حدود یک قرن پیش تولید شده و به فروش هم رسیده است. بدنبال تهیه آن انواع و اقسام ریزوبیوم‌ها را معرفی کردند (رحمانی و همکاران، ۱۳۸۴). در خاک‌های اسیدی گواتمالا با استفاده از مایه تلقیح ریزوبیوم توانستند حدود ۷۳ درصد معادل ۱۲۵ کیلوگرم نیتروژن خالص مورد نیاز لوبیا را تأمین کنند. نخستین مرحله تجمع ریزوبیوم بر روی ریشه‌ها، شناسایی گیاه میزبان توسط باکتری است، به طوریکه از طریق ترشح مواد پلی ساکاریدی توسط باکتری شامل اگزوپلی ساکاریدها و لیپوپلی ساکاریدها و ارتباط آن با بعضی مواد پروتئینی ترشح شده توسط گیاه

[1] Biosphere

مانند مواد غیرآنزیمی به نام لیگنین‌ها یا مواد چسباننده ادهیژین با واسطه یون کلسیم، اتصال باکتری به محل‌های مناسب بر روی ریشه انجام می گیرد (بن رودهن و همکاران، ۲۰۰۸). درون گره باکتروئیدهای حاوی آنزیم تثبیت کننده نیتروژن یعنی نیتروژناز وجود دارد که با محلول قرمز رنگ لگ هموگلوبین احاطه شده است، نقش آن تسهیل انتشار اکسیژن به باکتروئیدها است (شیرانی راد و همکاران ۱۳۷۳). عوامل محیطی مختلفی از قبیل درجه حرارت خاک، غلظت اکسیژن خاک، طول روز بر تشکیل گره تأثیر می‌گذارند، چندین ماده غذایی نیز بر تشکیل گره تأثیر می‌گذارد که کودهای نیتروژنه بیشترین اثر را بر تشکیل گره دارند نتیجه‌ی این همزیستی در حبوبات، تبدیل نیتروژن اتمسفری به آسپاراژین و گلوتامین است (بن رودهن و همکاران، ۲۰۰۸).

اهداف پایان نامه

۱. بررسی تاثیر قارچ میکوریزا (Glomus moseae) و باکتری Mesorhizobium بر عملکرد کشت مخلوط ذرت – لوبیا چشم بلبلی

۲. بررسی تاثیر باکتری مزوریزوبیوم و قارچ میکوریزا بر میزان تثبیت نیتروژن در گره های ریشه گیاه

۳. ارزیابی تاثیر باکتری مزوریزوبیوم و قارچ میکوریزا بر جذب فسفر خاک در کشت مخلوط و کشت خالص هر دو گیاه

۴. تعیین سودمندی استفاده از زمین در کشت مخلوط ذرت و لوبیاچشم بلبلی

فصل دوم

بررسی منابع

۲ ۱-الگوی کشت مخلوط در گیاهان مختلف

بسیاری از ترکیبات مختلف گیاهان مثلاً آفتاب گردان با عدس سیاه، گندم وکتان، کلزا و کتان، کدو و لوبیا، کرفس و پیاز، ذرت و کاساوا، سورگوم و لپه هندی و غیره به صورت انواع کشت مخلوط و کشت مخلوط تأخیری آزمایش شده است (مظاهری، ۱۳۷۵). نیومن و همکاران (۲۰۰۷) نیز با کشت خالص و مخلوط نخود فرنگی و یولاف ملاحظه کردند که حداکثر برتری متعلق به کشت مخلوط با تراکمی بیش از تراکم مطلوب کشت خالص بود. همچنین این دانشمند اظهار کرد که کشت مخلوط افزایشی عموماً منجر به افزایش عملکرد کشت مخلوط می‌گردد. به عبارت دیگر، تراکم مطلوب کشت مخلوط بیش از تراکم مطلوب کشت خالص بود لذا دو گونه برای منابع یکسان رقابت نکردند و برای کشت مخلوط منابع بیشتری نسبت به کشت خالص قابل دسترس بود. در کشت مخلوط ماشک معمولی با یولاف به نسبت‌های ۵۵ به ۴۵ و ۶۵ به ۳۵ عملکرد علوفه به ترتیب ۳۵ و ۲۹ درصد بیشتر از کشت خالص ماشک معمولی بود (لیثورجیوس و همکاران، ۲۰۰۶). شرلی و همکاران (۲۰۰۴) با بررسی پتانسیل کشت مخلوط شبدر برسیم با جو، یولاف و تریتیکاله به این نتیجه رسیدند که با افزایش تراکم شبدر عملکرد علوفه نیز افزایش یافت. همچنین این دانشمندان بیان کردند که در کشت مخلوط شبدر و غله نتایجی از جمله عملکرد علوفه بالاتر نسبت به کشت خالص هریک، همچنین تولید علوفه بالا در انتهای فصل (در زمانیکه کمیت و کیفیت علوفه) و افزایش نیتروژن خاک دست یافتند. جهانسوز و همکاران (۲۰۰۷) با کشت گندم با نخود به صورت مخلوط ملاحظه کردند که عملکرد دانه نخود در کشت مخلوط برابر با ۲۹ درصد کشت خالص نخود بود در حالی که گندم در کشت مخلوط ۷۲ درصد کشت خالص گندم عملکرد تولید کرد. حیدری شریف آبادی (۱۳۸۰) اظهار داشت که یونجه‌های یکساله در کشت مخلوط به دلیل افزایش نیتروژن خاک، حاصلخیزی خاک را بالا می‌برند و غلات در کشت مخلوط با آنها به سهولت از نیتروژن موجود در خاک استفاده می کنند. آکنگو و همکاران (۲۰۰۶) تحقیقی برای روشن شدن مقدار عملکرد و سودمندی زمین در کشت مخلوط درهم و باقلا انجام دادند تیمارهای این آزمایش شامل تک کشتی جو به مقدار ۱۲۵ کیلوگرم،

تیمارهای افزایشی ۲۵، ۵۰، ۷۵، ۱۰۰، ۱۲۵ و ۲۰۰ کیلوگرم از بذر باقلا به صورت مخلوط افزایشی انجام شد. نتایج این تحقیق نشان داد که کشت مخلوط افزایشی جو با باقلا باعث افزایش عملکرد می-شود. نسبت برابری زمین در تمام حالات کشت درهم بیشتر از یک بود و با افزایش بذر مصرفی باقلا در کشت مخلوط دو گیاه مقدار عملکرد نسبت به تک کشتی افزایش یافت. در کشت مخلوط ذرت و لوبیا نسبت به تک کشتی ذرت یا لوبیا کارایی مصرف آب و کارایی مصرف نور بیشتر بود و مقدار نسبت برابری زمین بین ۱/۵۸ تا ۱/۰۶ و نیز مقدار رشد رویشی ۱/۳۸ تا ۱/۴ نسبت به تک کشتی بود (سوبو و همکاران، ۲۰۰۳). در کشت مخلوط امکان افزایش کارایی استفاده از نور خورشید وجود دارد و جذب تشعشع صورت می‌گیرد در شرایط مطلوب چند واکنش به گونه‌ای هماهنگ در کشت مخلوط غله با حبوبات دیده شده است. هنگام کشت در روش کشت مخلوط بوته بلندتر معمولاً غله C_4 به دلیل تولید برگ بیشتر به نحوی که تابش بیشتری از نور خورشید در واحد سطح برگ، تابش خورشیدی بیشتری دریافت می‌کنند تک بوته گیاهان زراعی کوتاهتر (C_3) امکان دریافت تابش کمتری را دارند اما از تابش دریافتی نور خورشید با بازده بیشتری استفاده می‌کنند این امر احتمالاً به دلیل واکنش شدیدتر فتوسنتز به نور در تراکم‌های بیشتر و در سایه است. کشت مخلوط ارقامی که دارای اختلاف ارتفاع هستند سبب می‌شود که سطح تاج پوششی از حالت مسطح که معمولاً در کشت خالص ارقام مشاهده می‌شود به حالت موجی درآید. تاج پوششی موجی در مقایسه با تاج پوششی معمولی، تشعشع خورشیدی را به میزان بیشتری جذب کنند (خواجه حسینی، ۱۳۷۰). به دلیل استفاده مؤثر از منابع در کشت مخلوط میزان تولید نسبت به تک کشتی افزایش می‌یابد (لی و همکاران، ۲۰۰۱). ذرت در مخلوط توتون و نیشکر به دلیل استفاده بهتر از فضای زمین و منابع در اواخر رشد توتون و اوایل دوره رشد نیشکر عملکرد بیشتری نسبت به تک کشتی آن داشت کشت مخلوط گیاهان پاکوتاه و پا بلند به دلیل انتشار بهتر نور و هوا باعث افزایش عملکرد می‌شود (لی و همکاران، ۲۰۰۹). بیشتر یافته‌ها اثرات مثبت کشت مخلوط را در خصوص عملکرد و استفاده از منابع و جنبه‌های محیطی را تصدیق می‌کند (فیکی و همکاران، ۲۰۱۰).

۲-۱-۱ کشت مخلوط ذرت و لگوم

کشت مخلوط غلات – بقولات بویژه کشت ذرت با بقولات یکی از معمول‌ترین انواع کشت مخلـوط است که در بسیاری از مناطق گرمسیر جهان از زمان تمدن باستان رواج داشته است (دهمرده،۲۰۱۰). این نوع کاشت می‌تواند کارایی بیشتری در استفاده از منابع در مقایسه با تک کشتی داشته باشد. ایـن مسأله می‌تواند ناشی از این حقیقت باشد که دوگونه موجود در کشت مخلوط در استفاده از یک منبّـع محیطی خاص می‌توانند درجاتی از حالت مکملی داشته باشد (هوجـار، ۲۰۰۱). تهمینـی و همکـاران، (۲۰۱۰) در مقابل گزارش کردند درکشت مخلوط لگوم و غیر لگوم معمولاً عملکرد گیاه غیـر لگـوم در مقایسه با کشت خالص آن بیشتر است. با بررسی کشت خالص و مخلوط ذرت - لوبیا - کـدو مشـاهده شد که کشت خالص ذرت دارای بیشترین شاخص سطح برگ بـوده اسـت. در تـراکم‌هـای زیـاد زمـان رسیدن به شاخص سطح برگ مطلوب کوتاهتر می‌شود تا زمانیکه برگ‌هـای یـک گیـاه در سـایه قـرار نگرفته باشند با افزایش سطح برگ درصد نوری که از جامعه عبور می‌کنـد کـاهش مـی‌یابـد و میـزان جذب نوری بیشتر می‌شود (کروگـر و همکـاران، ۲۰۰۸). فاینتسـا (۲۰۰۳) بیـان کـرد کـه در کشـت مخلوط ذرت و لوبیا، عملکرد لوبیا در مقایسه با کشت خالص به دلیل رقابت بر سر نور کمتر می‌باشـد. در کشت مخلوط ذرت و لوبیا عملکرد ذرت در کشت مخلوط بیشتر از کشت خالص ذرت بود (تهمینی و همکاران، ۲۰۱۰) یکی از راه‌های افزایش غلظت پروتئین خام در ذرت علوفه‌ای، کشت مخلـوط ذرت با حبوبات است. در این زمینه شواهد زیادی وجود دارد که مخلوط ذرت بـا حبوبـات غلظـت پـروتئین خام در علوفه را افزایش می‌دهد علاوه بر ماده خشک، همی سـلولز و غلظـت اسـید لاکتیـک ذرت، در کشت مخلوط افزایش یافته است (کونتراس و همکاران، ۲۰۰۸).

۲-۱-۲ کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم بلبلی

لوبیا چشم بلبلی به آسانی سایه را تحمل می‌کند، وقتی که به همراه ذرت، سورگوم و یا در فواصل ردیف کاشت درختان میوه کشت شود معمولاً بخوبی رشد کرده و محصول خـوبی مـی‌دهـد (مجنـون

حسینی، ۱۳۸۷). در بررسی کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم بلبلی بیشترین میزان LER در تیمار افزایشی ذرت و لوبیا چشم بلبلی مشاهده شد در این آزمایش در تمام تیمارها LER بیشتر از یک بود که نشان دهنده برتری کشت مخلوط نسبت به کشت خالص است (دهمرده و همکاران، ۲۰۱۰). در سیستم کشت افزایشی ذرت با لوبیا چشم بلبلی آب بیشتر از لایه سطحی خاک نسبت به کشت خالص هر دو گیاه جذب کرده است همچنین در این آزمایش نتایج نشان داد که جذب نور دریافتی در سیستم افزایش کشت مخلوط نسبت به سیستم جایگرینی بیشتر بود (قنبری و همکاران، ۲۰۱۰). واهوما و همکاران (۱۹۸۱) با انجام آزمایش بر روی کشت‌های خالص و مخلوط سه رقم ذرت (پابلند با برگ عمودی، پابلند با برگ افقی و نسبتا پاکوتاه با برگ‌های عمودی در قسمت فوقانی و برگ‌های افقی در نیمه تحتانی ساقه) با یک رقم لوبیای چشم بلبلی (رشد محدود و پر شاخه) دریافتند که بیشترین نسبت برابری زمین مربوط به کشت مخلوط لوبیا با ذرت پا بلند برگ عمودی بود، که علت آن را به عمودی بودن برگ‌ها و همچنین قیم بودن ذرت برای لوبیا نسبت دادند. اسکندری و همکاران (۲۰۰۹) با بررسی‌های کشت خالص و مخلوط لوبیا چشم بلبلی و ذرت ملاحظه کردند که حداکثر عملکرد دانه ذرت از کشت مخلوط بدست آمد. مریس و همکاران (۲۰۱۰) با انجام آزمایش بر روی کشت‌های خالص و مخلوط دو رقم لوبیا چشم بلبلی (A2214 و IT97K) با یک رقم ذرت و زمان کاشت متفاوت برای ذرت دریافتند که بیشترین وزن خشک لوبیا، تعداد غلاف لوبیا چشم بلبلی و تعداد دانه و نسبت دانه به غلاف در کشت مخلوط لوبیا چشم بلبلی رقم IT97K بدست آمد. همچنین اظهار کردند که عملکرد در کشت مخلوط در گرو انتخاب ژنوتیپ‌های سازگار و صفات مناسب برای ایجاد حداقل رقابت می‌باشد. در آزمایش دهمرده و همکاران (۲۰۱۰) که ترکیبهای مختلف کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم بلبلی اثر معنی داری بر عملکرد داشت. و بیشترین عملکرد ماده خشک، نسبت برابری زمین و محتوی فسفر و نیتروژن خاک در تیمار افزایش ذرت و لوبیا چشم بلبلی مشاهده شد.

۲ ۲ تاثیر قارچ میکوریزا بر عملکرد

در یک بررسی بر گیاه ماش نشان داد که کلونیزاسیون میکوریزای به طور معنی‌داری وزن صد دانه را در مقایسه با گیاهان غیر میکوریزی افزایش داد (نسیم و همکاران، ۲۰۰۷). هانگ و همکاران (۲۰۰۹) بیان داشتند که قارچ میکوریزا سبب افزایش میزان بیومس ذرت شد. لیو و همکاران (۲۰۰۳) اظهار داشتند که ارقام برگ ایستاده ذرت و در سطوح پایین فسفر گیاهان میکوریزی در مقایسه با سایر تیمارها وزن تاسل بیشتری داشتند. الباس و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که تلقیح سویا با قارچ میکوریزا موجب افزایش وزن خشک ساقه و قطر ساقه گردید. در بررسی بر روی گیاه ذرت نشان داده شد که کلونیزاسیون میکوریزایی به طور معنی داری ارتفاع گیاه ذرت را افزایش داد (روتور و همکاران، ۲۰۱۰). در یک بررسی روی ذرت دریافتند که گیاهان میکوریزایی در مقایسه با گیاهان غیر میکوریزایی دارای کلروفیل a، کلروفیل b و کارتنوئید برگ بیشتری بودند (صالح و همکاران، ۲۰۰۶).

۲-۲-۱ میکوریزا و اثرات تغذیه‌ای آن در گیاه میزبان

تحقیقات متعدد نشان می‌دهد که فسفر، ازت، پتاسیم، روی، مس، گوگرد، کلسیم و آهن توسط سیستم میکوریزا جذب می‌شوند و به گیاه منتقل می‌شوند (بریتو و همکاران، ۲۰۰۸). بطور کلی مکانیسم جذب از طریق افزایش حجم خاک قابل دسترس توسط ریسه‌های قارچ است (اسمیت و رد، ۲۰۰۸). تلقیح بذر باقلا با میکوریزا باعث افزایش معنی‌دار جذب مواد غذایی در مقایسه با شاهد شد. در بین عناصر غذایی بیشترین نقش مایکوریزا در جذب فسفر است (اختر و صدیقی، ۲۰۰۸). ترو و همکاران (۲۰۰۶) اظهار نمودند که نقش اصلی قارچ‌های میکوریزی تأمین فسفر برای ریشه گیاه است، زیرا فسفر در خاک عنصری فوق العاده کم تحرک است. حتی در صورتی که فسفر به شکل محلول به خاک اضافه شود به سرعت در اشکال فسفات کلسیم یا دیگر اشکال تثبیت شده و به صورت غیر متحرک در می‌آید. لذا قارچ‌های میکوریزی در افزایش جذب مواد معدنی به ویژه فسفر و تجمع

زیست توده بسیاری از محصولات در خاک‌های با فسفر کم، تأثیر مثبت دارنـد. بعـلاوه هیـف‌هـا از راه افزایش سطح تماس یا از راه افزایش طول مؤثر ریشه جذب عناصر غذایی را به شدت افزایش می‌دهند (پل، ۲۰۰۷). طبق اظهارات آلن و همکاران (۱۹۹۲) هر یک سانتی متر مکعب خـاک دارای ۲ الـی ۴ سانتی متر ریشه ۱ تا ۲ متر تارهای کشنده و بیش از ۵۰ متـر هیـف مـی‌باشـد قسـمت اعظـم فسـفر موجود در خاک غیر محلول و غیر قابل استفاده مستقیم گیاه است. مطالعات متعدد نشـان داده اسـت که میکوریزاها می‌توانند آنزیم فسفاتاز سنتز کنند و از این راه امکـان دسترسـی بـه فسـفر را افـزایش دهند. برخی از انواع میکوریزاها اسیدهای کلات کننده تولید می‌کننـد و از ایـن راه حلالیـت فسـفر را برای جذب افزایش می دهند (جز و همکاران، ۲۰۰۵). حضور فرآیندهای جذبی چـون افـزایش سـطح جذب ریشه، کاهش pH محیط ریشه و فعالیت زیاد آنزیم فسفاتاز در میسلیوم قـارچ‌هـای میکـوریزا و اثر این قارچ در حلالیت فسفر آلی موجب شده که قارچ‌های میکوریزا از منابع فسفر غیر قابل اسـتفاده گیاه نظیر سنگ فسفات و فسفات کلسیم و فسفات آلی استفاده کنند و از طریق همزیستی در اختیـار گیاه قرار دهند. قارچ‌های میکوریزا فسفات موجود در محلول خاک را توسط ناقل‌های فسـفات موجـود در میسلیوم و خارج ریشه جذب شده به صورت بی فسفات در ریشه تجمع مـی‌یابـد و توسـط جریـان پرتوپلاسمی سلول‌های میسلیوم به میسلیوم‌های داخلی ریشه انتقال می‌یابد. درون ریشه پلی فسـفات هیدرولیز شده و به صورت فسفات در اندام‌های قارچی درون ریشه بخصوص آرباسکولار به داخل ریشه رها می‌شود به همین دلیل در گیاهان میکوریزی فسفر بیشتری دیده می‌شود (فلاح، ۱۳۸۵).

۲-۲-۲ نقش میکوریزا در بهبود جذب آب

شواهد بسیار زیادی وجود دارد که نشانگر این است کـه میکـوریزا مـی‌تواننـد سـبب تغییراتـی در روابط آبی گیاه و بهبود مقاومت به خشکی و یا تحمل در گیاه میزبـان شـود (اوگ، ۲۰۰۱؛ عامریـان،

۲۰۰۱). بسیاری از محققین این خصوصیت را یک واکنش ثانویه در نتیجه بهبود جذب عناصر غذایی می‌دانند (اوگ، ۲۰۰۴).

۲-۲- ۳ میکوریزا و اختصاص مواد فتوسنتزی

شواهد بسیار زیادی وجود دارد که گیاهان می‌توانند سرعت فتوسنتز خود را افزایش دهند تا نیازهای همزیست خود را تأمین نمایند این عمل از طریق افزایش سطح برگ و افزایش مقدار تثبیت Co_2 به ازای واحد وزن برگ انجام می‌گیرد (اختر و صدیقی، ۲۰۰۸). آلن و همکاران بیان داشتند (۱۹۸۶) که با وجود انتقال بیشتر مواد فتوسنتزی به ریشه‌ها در گیاهان میکوریزایی این انتقال تأثیری بر وزن خشک نمی‌گذارد این محققین تأیید کردند که بخشی از فتوسنتز اضافی در گیاهان میکوریزایی به وسیله خود میکوریزا مصرف می‌شود. بنابراین افزایش فتوسنتز توسط قارچ میکوریزا نه تنها به بهبود جذب عناصر غذایی توسط قارچ، بلکه به نقش هیف‌های موجود در خاک به عنوان اندام-های اضافه کننده کربن به خاک بستگی دارد (فلاح، ۱۳۷۵). میلر (۲۰۰۰) گزارش نموده است که در گیاهان میکوریزایی به دلیل افزایش فتوسنتز و تولید بیشتر مواد فتوسنتزی به ازای واحد آب مصرفی کارایی مصرف آب افزایش می‌یابد. برخی از محققین افزایش در سرعت فتوسنتز گیاهان میکوریزایی شده را گزارش کردند. همچنین افزایش سرعت فتوسنتز گیاهان میکوریزایی شده در شرایط تنش خشکی را به افزایش وزن مخصوص برگ، فعالیت بیشتر آنزیم رابیسکو و میزان انتقال الکترون نسبت دادند (والتین و همکاران، ۲۰۰۶).

۲-۲- ۴ میکوریزا و واکنش های مرفوفیزیولوژیکی

گاهی اوقات سیستم‌های میکوریزایی تغییرات مرفولوژی را در گیاه ایجاد می‌نمایند که سرانجام آن بهبود بقاء و رشد مناسب‌تر گیاه می‌باشد. هنگامی که گیاهان با میکوریزا ارتباط برقرار می‌کنند، در

غلظت ترکیبات تنظیم کننده رشد مانند اکسین، سیتوکنین و جیبرلین تغییراتی به وقوع می‌پیوندد و سرعت فتوسنتز افزایش یافته و تخصصیص مواد فتوسنتزی به ریشه و اندام‌های هوایی تغییر پیدا می-کند (جز و همکاران، ۲۰۰۵). کریشنا و همکاران (۱۹۸۱) بیان داشتند که میکوریزا پیچش و زاویه برگها را تغییر می‌دهد و گیاه این واکنش را در جهت تنظیم و محدودیت جذب تشعشع و برقراری تعادل انرژی در برگ انجام می‌دهد. در این شرایط گیاهان غیر میکوریزایی از زیادی جذب تشعشع و گرما بشدت آسیب دیده و کاهش رشد نشان دادند. آلن و همکاران (۱۹۸۲) گزارش کردند که تغییرات هورمونی در گیاه با آلودگی میکوریزایی در ارتباط است و تغییرات مرفولوژیک برگ را در نتیجه واکنش به تغییرات هورمون‌های گیاهی گزارش کردند. همچنین این دانشمندان در سال ۱۹۸۰ افزایش غلظت سیتوکنین را در برگ‌ها و ریشه کراس‌ها که همزیستی میکوریزایی داشتند گزارش کردند. در ضمن در سال ۱۹۸۶ نشان دادند که در شرایط تنش خشکی میکوریزا فنولوژی گل را به تأخیر می‌اندازد.

۲- ۲- ۵ اثرات متقابل میان قارچ میکوریزا آرباسکولار و باکتری ریزوبیوم

تأثیر کمبود فسفر خاک بیشتر از کمبود ازت به عنوان عامل محدود کننده رشد بقولات است. زیرا بقولات می‌توانند ازت اتمسفری و ازت خاک را مورد استفاده قرار دهند. یکی از این مکانیزم‌ها که بر این محدودیت غلبه می‌کند استفاده از همزیستی بین لگوم و قارچ میکوریزا است (بریا و همکاران، ۲۰۰۵). افزایش تأمین فسفر برای گیاه میزبان موجب افزایش وزن گره‌های ریشه می‌شود بنابراین افزایش فسفر ناشی از کلونیزاسیون میکوریزا در نتیجه باعث بهبود گره، تثبیت ازت و عملکرد گیاه میزبان می‌شود (بهت و همکاران، ۲۰۱۰). هر چند الگوی پاسخگویی به وضوح روشن نشده است. در برخی موارد اشاره به روابط مثبت، در برخی به روابط منفی (کاسوتا و همکاران، ۲۰۰۳) و در سایر مطالعات به عدم اثر متقابل بین میکروارگانیسم ها و قارچها اشاره گردیده است (گیری و همکاران،

۲۰۰۴). برخی مطالعات قبلی حاکی از وجود رقابت بین این دو میکروارگانیسم (میکوریزا و باکتری ریزوبیوم) بر سر تصاحب جایگاههای استقرار همزیستی در ریشه گیاهان لگوم بوده و شماری دیگر عدم رقابت برای تصاحب این مکانها را گزارش نموده‌اند (گیری و همکاران، ۲۰۰۴). با عرضه دو جانبه فسفر و نیتروژن برای یک گیاه میزبان مشترک بین قارچ میکوریزا آرباسکولار و باکتری تثبیت کننده نیتروژن یک همزیستی سه گانه سینرژیستی به وجود می‌آید که تأثیر آن بسیار بیشتر از تأثیر هم همزیستی دوگانه است که قارچ میکوریزا آرباسکولار و باکتری تثبیت کننده نیتروژن به تنهایی با گیاه به وجود می‌آورند و می‌توان با همزیستی سه گانه لگوم - ریزوبیوم و میکوریزا جذب فسفر و به همان اندازه سایر عناصر را افزایش داد (جاوید، ۲۰۰۹). ترکیب باکتری ریزوبیوم و گونه‌های مختلف قارچ میکوریزا مهم است زیرا اثرات متقابل بین آنها تثبیت N و جذب آب و عناصر غذایی توسط گیاهان لگوم را افزایش می دهد (مارولند و همکاران، ۲۰۰۶). در گزارش محققین یکی از علل سازگاری لگوم‌ها به اراضی خشک با فقر فسفر و ازت و رطوبتی کم همزیست بودن آنها با قارچ میکوریز و باکتری‌های تثبیت کننده ازت اعلام شده است (پن و همکاران، ۱۹۹۳). نتایج تحقیقات بابی و همکاران (۲۰۰۸) نیز بیانگر این موضوع بود که تلقیح توام بذور لوبیا چشم بلبلی با قارچ میکوریز آرباسکولار گونه (*Glomus mossea*) و باکتری ریزوبیوم بیشترین عملکرد ماده خشک، تعداد غلاف و عملکرد دانه تولید می‌کنند. با این وجود اثرات متقابل بین قارچ میکوریزا و باکتری ریزوبیوم، در مراحل رشد گیاه به میکروارگانیسم‌های اطراف ریشه بستگی دارد (مرتیمر، ۲۰۰۸) . نتایج تحقیقات فرانزینی و همکاران (۲۰۰۹) نیز بیانگر این موضوع بود که تلقیح توام بذور لوبیا چشم بلبلی با قارچ میکوریز آرباسکولار و باکتری ریزوبیوم بیشترین تعداد گره ریشه و وزن گره ریشه را تولید می کنند.

۲-۳ تاثیر باکتری ریزوبیوم بر عملکرد گیاه

تلقیح با باکتری ریزوبیوم موجب افزایش رشد، عملکرد، ارتفاع گیاه، و تعداد گره در ریشه نسبت به گیاهان بدون تلقیح در شرایط مزرعه می‌شود (ساهاران، ۲۰۱۱). محمود و اتار (۲۰۰۸) طی مطالعاتی

که روی ماش انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که تلقیح با باکتری رایزوبیوم موجب افزایش معنی‌دار وزن خشک کل اندام هوایی نسبت به تیمار شاهد شد. بامبارا و همکاران (۲۰۱۰) طی مطالعاتی که روی لوبیا انجام دادند، به این نتیجه رسیدند که تلقیح با باکتری رایزوبیوم موجب افزایش معنی‌دار وزن خشک گیاه، و تعداد غلاف نسبت به تیمار شاهد شد. تلقیح تنها و دوگانه باکتری ریزوبیوم و باکتری حل کننده فسفات وزن ریشه و خشک گیاه، ارتفاع گیاه طول سنبله و عملکرد دانه و محتوی P دانه و پروتئین برگ را در گندم افزایش داد (سارهان و همکاران، ۲۰۱۱) گزارشات حاکی از آن است که باکتری ریزوبیوم موجب افزایش وزن خشک برگ شد (فرانزینی و همکاران، ۲۰۰۹). در شرایطی که عوامل محیطی بهینه هستند، گیاهان لوبیا که با رایزوبیوم مؤثر گره دار شده‌اند می‌توانند مقادیر قابل توجهی نیتروژن تثبیت کنند (گیلر،۲۰۰۱). زایدی و همکاران (۲۰۰۳) بیشترین عملکرد را در تیمار تلقیح با رایزوبیوم گزارش کردند. سید اختر و صدیقی زکی (۲۰۰۸) گزارش کردند که کاربرد باکتری مناسب در نخود موجب افزایش معنی‌دار در وزن خشک اندام هوایی و عملکرد میشود.

۲- ۳ -۱ تولید سیدروفورها ، فیتوهورمون‌ها و سیانید

سیدروفورها (Siderophores) ترکیبهای آلی با وزن مولکولی کم و لیگاندهای شیمیایی با میل ترکیبی شدید و اختصاصی برای پیوند شدن با آهن III هستند (رمضانیان، ۱۳۸۴). نقش باکتری‌های مولد سیدروفورهای میکروبی در افزایش رشد گیاه می‌تواند به صورت غیر مستقیم و از طریق بیوکنترل عوامل بیمارگر گیاهی و یا تحریک مستقیم رشد گیاه بواسطه افزایش جذب آهن توسط گیاه باشد (آنتون و همکاران، ۲۰۰۲). در سال‌های اخیر توانایی تولید سیدروفور توسط سویه‌های متعددی از گونه‌های مختلف باکتری‌های ریزوبیومی به اثبات رسیده است (گورینتو، ۱۹۹۱). اهمیت ویژه سیدروفورها در بین انواع متابولیت‌های میکروبی که در ریزوسفر آزاد می‌شوند، از یک سو به دلیل نقش کلیدی آهن در فرایندهای متابولیک حیاتی در گیاهان و از سوی دیگر ویژگی‌های خاص عنصر

آهن در خاک ارتباط پیدا می‌کند. از جمله فعالیت‌های دیگر مفید این باکتری می‌توان به تولید هورمون‌های محرک رشد به ویژه اکسین، جیبرلین و سیتوکنین و یا از طریق فراهم نمودن عناصر غذایی مورد نیاز گیاه از جمله فسفر و نیتروژن انجام می‌دهند (اعتصامی و همکاران، ۲۰۰۹). بسیاری از گونه‌های ریزوبیومی توانایی تولید IAA از خود نشان داده‌اند و برخی از مطالعات نشان می‌دهد که هورمون اکسین و سیتوکنین نقش کلیدی در گره‌زایی گیاهان لگوم و به طور کلی برقراری همزیستی ریزوبیوم - لگوم به عهده دارد. همچنین ثابت شده است که فلاونوئیدها (محرک ژنهای گره زایی) نیز تولید هورمون IAA توسط ریزوبیوم‌ها را تشدید می‌کند. به علاوه مشخص شده که ریشه‌های گره‌دار در مقایسه با ریشه‌های فاقد گره حاوی مقادیر بیشتری هورمون IAA می‌باشند و این هورمون در توسعه سیستم ریشه و نگهداری آن ایفای نقش می‌نماید. اخیراً آنتون و همکاران (۲۰۰۲) برخی از سویه‌های ریزوبیومی را نیز به عنوان باکتری‌های مولد سیانید معرفی نموده‌اند. به عقیده باگناسکو (۱۹۹۸) سویه های مولد HCN می‌توانند به صورت مطمئن در بیوکنترل عوامل بیمارگر خاکزی مورد استفاده قرار گیرند زیرا تأثیر سوء بر دیگر جوامع میکروبی خاک و یا بر رشد گیاهان ندارند. کریمر و سوئیسی (۲۰۰۱) پیشنهاد کرده اند که توانایی تولید HCN توسط باکتریهای PGPR[1] یک قابلیت بالقوه و مکانیزمی مناسب برای کنترل بیولوژیک علفهای هرز می‌باشد که باید به عنوان یک جنبه جدید در روشهای تقویت و تحریک رشد گیاه و افزایش عملکرد محصول مورد توجه بیشتر قرار گیرد.

۲-۳-۲ توانایی حل فسفاتهای معدنی نامحلول

گزارشات متعددی وجود دارد که توانایی سویه‌های مختلف باکتریایی را برای انحلال ترکیبات معدنی فسفات‌های نامحلول نشان می‌دهد (رمضانیان، ۱۳۸۴). مکانیزم اصلی انحلال فسفات‌های معدنی در نتیجه اثر اسیدهای آلی تولید شده به وسیله باکتریهای خاک تشخیص داده شده است. تولید اسیدهای آلی موجب اسیدی شدن محیط اطراف سلول‌های باکتری شده و در نتیجه فسفر

[1] Plant Growth-promoting Rhizobacteria

عنصری می تواند در اثر جایگزینی یون H^+ با یونهای کلسیم در محیط آزاد گردد (ایلمر و اسچینر، ۱۹۹۵). از میان اسیدهای آلی به نظر می رسد که اسید گلوکونیک فراوان ترین عامل در انحلال فسفات‌های معدنی باشد (رمضانیان، ۱۳۸۴). هالدر و همکاران (۱۹۹۰) نشان دادند که اسیدهای آلی جداشده از محیط کشت باکتری ریزوبیوم لگومینوزاروم موجب انحلال فسفات‌های معدنی می‌گردد، ضمناً مقدار فسفات‌های محلول شده در نتیجه اثر این اسیدها در محلول‌های فاقد سلول باکتری تقریباً مشابه مقدار فسفات‌های انحلال یافته در محیط‌های کشت حاوی سلول‌های باکتری ریزوبیوم لگومینوزاروم بوده است. با توجه به نتایج تحقیقات مشخص شده است که انحلال فسفات‌های معدنی یک فرایند آنزیمی نمی‌باشد.

۲- ۳ -۳ توانایی حل فسفات‌های آلی نامحلول

خاک حاوی طیف وسیعی از مواد آلی است که می‌تواند به عنوان یک منبع فسفر مورد استفاده گیاه قرار گیرد. برای اینکه فسفر آلی به فرم قابل جذب گیاه در آید باید ابتدا از طریق هیدرولیز مواد آلی به فرم معدنی تبدیل گردد. معدنی شدن اغلب ترکیبات آلی فسفره توسط آنزیم‌های فسفاتاز که فسفرهیدرولازها نیز نامیده می‌شوند انجام می‌پذیرد (رودریگیز، ۱۹۹۹). توانایی باکتری‌های خاکزی از جنس‌های مختلف ریزوبیا، سودوموناس‌ها و باسیلوس‌ها در تولید مقادیر قابل توجه آنزیم‌های فسفاتاز ثابت شده است (کریچنر،۱۹۹۳). کابوت و همکاران (۱۹۹۶) ثابت کردند که توانایی حل فسفات در باکتری‌های ریزوبیومی مهمترین مکانیزم تحریک رشد گیاه در خاکهای با حاصلخیزی متوسط تا زیاد می باشد. بنابر این باکتری‌های ریزوبیوم یک نقش دوگانه بسیار مهم در تامین دو عنصر حیاتی، نیتروژن و فسفر ایفا می‌کنند.

۲ ۴ تأثیر ریزوبیوم و میکوریزا بر کشت مخلوط

تانگ جان و همکاران (۲۰۱۰) بیان داشتند که استفاده از قارچ میکوریزا در کشت مخلوط برنج و باقلا مقدار بیومس باقلا را نسبت به تک کشتی ۶۰/۸ درصد و نسبت به تیمار شاهد (بدون میکوریزا) ۲۸۸ درصد افزایش داد.

طی مطالعاتی که روی کشت مخلوط ذرت و لوبیا به همراه باکتری ریزوبیوم انجام شد به این نتیجه رسیدند که بیشترین عملکرد دانه، وزن صد دانه، و تعداد غلاف در تیمار کشت خالص لوبیا به همراه باکتری مشاهده شد (شانای، ۲۰۰۳)

فصل سوم

مواد و روش‌ها

۳ - محل انجام پژوهش

این آزمایش در سال ۱۳۸۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود به اجرا در آمد. که در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۹ دقیقه و ۵۵ دقیقه طول شمالی واقع شده است و میانگین ارتفاع از سطح دریا ۱۳۶۶ متر است.

۳ ۱ویژگی‌های آب و هوایی

بر اساس تقسیم‌بندی‌های اقلیمی منطقه بسطام دارای اقلیم سرد و خشک واقعه می‌باشد. میانگین بارندگی سالانه آن بین ۱۶۰-۱۵۰ میلی‌متر بوده و بارندگی‌ها عمدتاً در فصل پاییز و بهار رخ می‌دهد. بر اساس اطلاعات ثبت شده در ایستگاه هواشناسی شاهرود میانگین سالانه دما در این منطقه ۱۴/۴ درجه سانتی‌گراد گزارش شده است.

۳ -۲ مشخصات خاک مورد آزمایش

به منظور تعیین بافت خاک و وضعیت عناصر غذایی از جمله NPK از عمق ۳۰- ۰ سانتی متر خاک مزرعه چندین نمونه یک کیلوگرمی گرفته شد و نهایتاً پس از اختلاط نمونه‌ها یک نمونه یک کیلوگرمی که در بر گیرنده کل نمونه ها بود به آزمایشگاه منتقل شد. نتایج تجزیه مکانیکی و شیمیایی خاک در جدول (۳-۱) نشان داده شده است.

جدول ۳-۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

پارامتر های اندازه گیری شده	مقدار	واحد
درصد اشباع(S.p)	۳۰/۶	درصد
هدایت الکتریکی($Ec\times 10^3$)	۸/۰۹	میکرو زیمنس بر سانتی‌متر
اسیدیته گل اشباع (pH of pasta)	۷/۸۹	-
درصد مواد خنثی شونده(T.N.V.)	۲۷	درصد
کربن آلی(O.C)	۰/۷۹	درصد
ازت کل(Total N)	۰/۰۵۷	درصد
فسفر قابل جذب(P (ava	۱۴	پی‌پی‌ام
پتاسیم قابل جذب K (ava)	۱۴۳	پی‌پی‌ام
رس (Clay)	۲۲	درصد
لای (Silt)	۴۴	درصد
شن (Sand)	۳۲	درصد
درصد رطوبت	۱/۵	درصد
نسبت جذب سدیم[1] (SAR)	۴/۱	-
مجموعه کاتیون‌ها	۸۱/۲	میلی‌اکی‌والان در لیتر
Na+	۲۲/۲	میلی‌اکی‌والان در لیتر
Mg^{2+}	۲۶	میلی‌اکی‌والان در لیتر
Ca^{2}+	۳۳	میلی‌اکی‌والان در لیتر
مجموع آنیون‌ها	۸۰/۶	میلی‌اکی‌والان در لیتر
So_4^{2-}	۲۸/۶	میلی‌اکی‌والان در لیتر
Cl-	۴۷/۵	میلی‌اکی‌والان در لیتر
Hco_3^-	۴/۵	میلی‌اکی‌والان در لیتر
Co	۰	میلی‌اکی‌والان در لیتر

[1]Sodium Absorption Ratio

۳ - ۲ مشخصات طرح آزمایش

کشت مخلوط براساس سری‌های افزایشی و طرح آزمایشی به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل: کشت خالص ذرت (Z)، کشت خالص لوبیا (B)، کشت مخلوط ذرت + لوبیا (I)، کشت خالص ذرت + قارچ میکوریزا (ZM)، کشت خالص لوبیا + قارچ میکوریزا (BM)، کشت خالص لوبیا + باکتری مزوریزوبیوم (BM)، کشت خالص لوبیا + باکتری مزوریزوبیوم + قارچ میکوریزا (BBM)، کشت مخلوط + قارچ میکوریزا (IM)، کشت مخلوط + باکتری مزوریزوبیوم (IB)، کشت مخلوط + باکتری مزوریزوبیوم + قارچ میکوریزا (IBM) است.

۳ -۳ عملیات اجرایی

۳ ۳ -۱ نقشه کاشت

ابعاد هر تکرار ۲/۵× ۸ متر مربع انتخاب شد که با احتساب حواشی و نهرها و فاصله ۲/۵ متری بین تکرارها، ۱ متر بین کرت‌ها در مجموع حدود ۱۴۸۵ متر مربع زمین به اجرای این آزمایش اختصاص یافت. در هر تکرار ۱۰ کرت هر یک به مساحت ۳۰/۲۴ مترمربع در نظر گرفته شد. هر کرت شامل ۴ ردیف کاشت برای تیمار کشت خالص ذرت فاصله بین ردیف‌ها ۷۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد و ۸ ردیف کاشت برای تیمارهای کشت خالص لوبیا با فاصله بین ردیف ۳۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. در تیمارهای کشت مخلوط هر کرت آزمایشی شامل ۸ ردیف کاشت و فاصله بین ردیف‌ها ۳۵ بود. مرز بین کرت‌ها با یک پشته کشت نشده مشخص شد.

I	**IBM**	**BM**	**ZM**	**B**	**I**	**BB**	**IB**	**Z**	**IM**	**BBM**
П	**IB**	**B**	**IM**	**BB**	**IBM**	**I**	**ZM**	**BBM**	**BM**	**Z**
III	**ZM**	**BB**	**I**	**BBM**	**IM**	**BM**	**IBM**	**Z**	**IB**	**B**

شکل ۳ ۱ نقشه کاشت

۳ ۳-۲ آماده سازی زمین و کاشت

عملیات آماده‌سازی زمین در اوایل اردیبهشت ۱۳۸۹ صورت گرفت. در ابتدا زمین مورد نظر توسط گاوآهن برگرداندار شخم زده شد و سپس اقدام به عمل تسطیح زمین گردید. در پایان به وسیله فاروئر پشته‌هایی به عرض ۷۰ سانتی‌متر در جهت شمالی جنوبی ایجاد گردید. ابتدا ابعاد کرت‌ها در زمین مورد آزمایش مشخص شد و پس از تعیین کرت‌ها، جوی‌های آبیاری تعبیه گردیدند.

در مجموع ۳۰ کرت آزمایشی به طول ۸ متر و با فواصل ۷۰ و ۳۵ سانتی متر به ترتیب برای ذرت و لوبیا در نظر گرفته شد. فاصله بذور روی ردیف‌ها ۲۰ و ۱۰ سانتی‌متر به ترتیب برای ذرت و لوبیا در نظر گرفته شد. در تیمار کشت مخلوط نیز کشت بذور گونه‌ها به صورت مخلوط ردیفی در قالب طرح افزایشی (۱۰۰ذرت : ۱۰۰ لوبیا چشم بلبلی) انجام شد با توجه به شرایط خاک، نوع آبیاری و ... بذور در عمق ۵ سانتی‌متری خاک قرار داده شدند.

برای جلوگیری از عمل تداخل و آلودگی باکتری‌ها، یک خط به صورت نکاشت بین کرت‌های قرار گرفت. جوی‌های آبیاری به نحوی تعبیه شد که آب آبیاری اضافی هر تکرار توسط یک جوی خروجی در انتهای کرت‌ها از مزرعه خارج شود. کاشت بذور و تلقیح در تاریخ ۱۱ خرداد به پایان رسید و اولین آبیاری در همان روز به مدت ۲۴ ساعت انجام شد. قسمتی از کود مورد نیاز گیاه بر اساس توصیه‌های کودی مورد نظر، توزین و مدتی پس از کاشت در هر کرت استفاده شد.

۳-۳-۳ آماده‌سازی بذرها

بذور مورد استفاده، لوبیا چشم بلبلی رقم بسطامی و بذر ذرت سینگل کراس ۶۰۴ بود. پیش از اقدام به کاشت، برای اطمینان از عدم آغشته بودن به هر گونه آلودگی، بذور چندین بار شستشو و ضدعفونی شدند. به منظور جلوگیری از کاهش جمعیت باکتری‌ها حداقل فاصله زمانی بین تلقیح بذور تا کاشت کمتر از ۱ ساعت در نظر گرفته شد. متناسب با سطح کاشت 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 بلاس به (با جمعیت تقریبی 10^8 باکتری مزوریزوبیوم در هر میلی لیتر) به بذور افزوده و به طور کامل مخلوط شدند. پس از فرآیند تلقیح، بذور در سایه خشک شده و برای کشت به مزرعه منتقل شدند. در تیمارهای قارچ میکوریزا میزان ۱۵ گرم مایه تلقیح قارچ در زیر هر بذر قرار داده شد این مایه حاوی خاک، اسپور، ریشه آلوده گیاه و ریسه قارچ بود و در ۱۰۰ گرم آن ۱۲۱۵ عدد اسپور قرار داشت.

۳-۴ عملیات داشت

۳ ۴-۱ آبیاری

آبیاری کرت‌ها ، از طریق نهرها و جوی‌هایی که از پیش به همین منظور ایجاد شده بود، انجام گرفت. پس از کاشت بلافاصله آبیاری سنگینی به صورت نشتی انجام شد، به گونه‌ای که پشته‌ها کاملا خیس و سیاه شدند. آبیاری‌های بعدی هم در طول فصل رشد به طور منظم هر هفت روز یکبار انجام گردید.

۳ ۴-۲ مبارزه با علف هرز و دفع آفات و بیماری‌ها

وجین علف‌های هرز به صورت دستی در مرحله ۴-۲ برگی گیاه به صورت دستی انجام شد. از مهمترین علف‌های هرز مزرعه می‌توان به شلمی ، تاج ریزی، خار شتر و پیچک صحرایی اشاره کرد. آفت و بیماری خاصی در مزرعه در طول فصل رشد مشاهده نگردید.

۳ ۴- ۳ واکاری و تنک

حدوداً دو هفته پس از کاشت عمل واکاری در نقاطی که بـذور سـبز نشـده بـود صـورت گرفـت و همزمان در نقاطی که هر دو بذر کشت شده سبز گردیده بودند عمل تنک صورت گرفـت و بوتـه‌هـای ضعیف‌تر حذف گردید.

۳ -۵ نمونه برداری

با توجه به نوع تیمار، نمونه برداری از هنگامی که بوته‌ها به ارتفاع ۲۰ سانتی‌متـری رسـیدند، آغـاز شد و ۷ نمونه برداری به فاصله ۱۴ روز یکبار تا پایان فصل رشد انجام شد. نحوه نمونه‌برداری بـه ایـن صورت بود که، دو ردیف کناری و ۰/۵ متر ابتدا و انتهای هر کرت به عنوان حاشیه حذف شدند. سپس ۲ بوته بنحوی انتخاب شدند که بتوانند تا حد زیادی خصوصیات کرت مربـوط را نشـان دهنـد. در هـر نمونه‌برداری قطع بوته‌ها از سطح خاک و از ناحیه طوقه انجام گرفت.

۳ -۶ ارزیابی صفات مرفولوژیک

پس از انجام نمونه‌برداری بوته‌ها در پاکت‌های شماره‌گذاری شده قرار گرفته و به آزمایشگاه منتقـل شدند. در آزمایشگاه قسمت‌های مختلف گیاه شامل برگ و ساقه جدا شـد و نیـز وزن خشـک سـاقه و برگ به طور جداگانه مورد بررسی قرار گرفت.

۳ -۷ وزن خشک برگ

برگ‌ها در داخل پاکت شماره‌گذاری شده در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد بـه مـدت ۴۸ سـاعت قرار داده شدند. پس از اعمال زمان لازم، پاکـت‌هـا بـه مـدت ۲۰ تـا ۲۵ دقیقـه در هـوای آزمایشـگاه

نگهداری شدند تا با محیط به تعادل دمایی برسند و در نهایت با ترازوی حساس بـه دقـت ۰/۰۱ گـرم توزین شدند.

ضمناً صفات دیگری همچون وزن خشک ساقه لوبیا، ارتفاع بوتـه لوبیـا، تعـداد گـره ریشـه لوبیـا، وزن خشک گره ریشه لوبیا، طول غلاف لوبیا، وزن صد دانه لوبیا، تعداد غلاف لوبیا، وزن خشک غلاف لوبیـا، وزن خشک ساقه ذرت، ارتفاع بوته ذرت، وزن خشک بلال ذرت، وزن خشک تاسـل ذرت، طـول بـلال ذرت، ... اندازه‌گیری شد.

۳ -۸ برداشت نهایی

در انتهای دوره رشد بوته‌های ذرت و لوبیا از مساحتی در حدود ۱ متر مربـع بـرای انـدازه گیـری عملکرد نهایی و اجزای عملکرد برداشت شدند. به این ترتیب بوته‌ها از نزدیک سطح زمین قطع گردید و برای اندازه گیری صفات مورد بررسی به آزمایشگاه انتقال داده شـدند و نمونـه‌هـا درون پاکـت‌هـای شماره دار در داخل آون (به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی گراد) قرار داده شدند و سپس پاکت‌ها از آون خارج و به مدت ۲۰ تا ۲۵ دقیقه در هوای آزمایشگاه نگهداری شدند تـا بـا محـیط بـه تعادل دمایی برسند و در نهایت با ترازوی حساس به دقـت ۰/۰۱ گـرم تـوزین شـدند. در ایـن نمونـه برداری برای گیاه ذرت و لوبیا علاوه بر تعیین وزن اندام‌های هوایی خصوصـیاتی ماننـد ، طـول و قطـر بلال، وزن چوب بلال، وزن خشک پوسته بلال، وزن صد دانه و نیز تعداد ردیف‌های دانه و تعـداد دانـه در هر ردیف بلال اندازه گیری شد و برای لوبیا وزن خشک ساقه، وزن خشـک بـرگ، وزن غـلاف، وزن کل دانه و وزن هزاردانه، تعدادغلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف اندازه گیری شد.

۳ -۹ شاخص برداشت(HI)[1]

شاخص برداشت عبارت است از وضعیت تخصیص مواد فتوسنتزی بین رشد رویشی و زایشی گیاه می‌باشد که با استفاده از معادله زیر بدست می‌آید :

شاخص برداشت = $\frac{\text{عملکرد اقتصادی}}{\text{عملکرد بیولوژیک}} \times 100$

۳ -۱۰ نسبت برابری زمین

ارزیابی کشت مخلوط و خالص نسبت به یکدیگر به وسیله شاخص نسبت برابری زمین (LER) با استفاده از معادله زیر انجام شد (مظاهری، ۱۳۷۵):

$$LER= \sum (Yi / Ys)$$

در این فرمول LER: نسبت برابری زمین، Yi: عملکرد یک گونه در کشت مخلوط ، Ys: عملکرد همان گونه در کشت خالص و $\sum$ علامت جمع برای تعداد گونه در تیمار کشت مخلوط را نشان می‌دهد.

۳ -۱۱ روش رنگ آمیزی میکوریزا و بافت شناسی میکوریزا

برای جدا کردن ریشه‌ها از خاک، پس از اشباع کردن مزرعه، ریشه‌ها را به آرامی از خاک جدا کرده پس از تمیز کردن ریشه‌ها از بخش‌های مختلف ریشه حدود یک گرم نمونه تهیه و در ظرف حاوی آب و الکل نگهداری شد. به منظور رنگ آمیزی ریشه به مدت یک ساعت در محلول KOH ده درصد در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده شده است. پس از انجام شست و شوی به مدت ۲۰ دقیقه در محلول آب اکسیژنه قلیایی ۱۰ درصد عمل رنگبری انجام شد. مجدداً ریشه‌ها چند بار شسته

[1] Harvest Index

شده و برای اسیدی شدن به مدت ۳ دقیقه در محلول HCL یک درصد قرار داده شد. سپس ریشه در محلول لاکتو گلیسرین – تریپان بلو به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد تا ریشه‌ها رنگ شوند برای تعیین درصد کلونیزاسیون، ریشه‌های رنگ آمیزی شده به قطعات یک سانتی متری برش داده شدند و با روش Gridline Intersect درصد کلونیزاسیون تعیین می گردد (گیوانتی و همکاران، ۱۹۸۰).

۳ ۱۲ اندازه گیری فسفر قابل جذب خاک به روش اولسن(خاک‌های خنثی و قلیایی)

بعد از برداشت محصول نمونه برداری خاک از عمق ۳۰ - ۵ سانتی‌متری ناحیه توسعه ریشه جهت اندازه گیری فسفر خاک انجام شد.

۳- ۱۲- ۱- ۱تهیه محلول‌های شیمیایی

محلول استخراج کننده بی‌کربنات سدیم ۰/۵ مولار**:** مقدار ۴۲ گرم بی‌کربنات سدیم خالص را در یک لیتر آب مقطر تازه تهیه شده حل کرده و با اضافه کردن سود یا اسید کلریدریک، pH آن را در ۸/۵ تنظیم می کنند. در صورت تجاوز pH بیش از۸/۵ می‌توان از محلول بی کربنات سدیم ۰/۵ مولار برای پایین آوردن آن استفاده نمود.

اسید سولفوریک چهار مول: ۵۶ میلی لیتر اسید سولفوریک غلیظ را به آرامی به ۱۵۰ میلی لیتر آب مقطر در ضمن بهم زدن اضافه کرده بعد از سرد شدن حجم آن را به ۲۵۰ میلی لیتر رسانده شد.

۳) مولیبدات آمونیوم چهار درصد: چهار گرم مولیبدات آمونیوم $(NH4)_6Mo_7O_{24}.4H_2O$ در صد میلی لیتر آب مقطر حل گردید.

۴) پتاسیم آنتیمونی تارتارات ۰/۲۷۵ درصد : ۰/۲۷۵ گرم پتاسیم آنتیمونی تارتارات $KSbOC_4H_4O_6$ در صد میلی لیتر آب مقطر حل گردید.

۵) اسید آسکوربیک ۱/۷۵درصد: ۱/۷۵ گرم اسید آسکوربیک را در آب مقطر حل سپس به حجم صد میلی لیتر رسانده شد. این محلول روزانه باید تهیه شود.

۶) محلول مخلوط مواد زیر را به ترتیب با مزور به درون ظرف پانصد میلی لیتری اضافه گردید و به آرامی مخلوط گردید تا کاملاً یکنواخت شود

الف) پنجاه میلی لیتر اسید سولفوریک چهار مول

ب) پانزده میلی لیتر محلول مولیبدات آمونیوم

ج) سی میلی لیتر اسید آسکوربیک

د) پنجاه میلی لیتر پتاسیم آنتیمونی تارتارات

ه) دویست میلی لیتر آب مقطر

این محلول باید روزانه تهیه شود.

۷)محلول استاندارد: ۵۰۰ ppm فسفر- مقدار ۱/۰۹۸۴ گرم پتاسیم دی هیدروژن فسفات در پانصد میلی لیتری آب مقطر حل گردید.

۸)محلول ۲۰ppm فسفر- چهل میلی لیتری از محلول ۵۰۰ppm فسفر را با محلول عصاره‌گیری (بی-کربنات سدیم) به حجم یک لیتر رسانده شد.

۹) سری استانداردها: از محلول ۲۰ppm فسفر به ترتیب ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰،۶۰ و ۷۰ میلی لیتری برداشته با بی‌کربنات سدیم به حجم یک لیتر برسانیم (با توجه به غلظت فسفر در هر منطقه می‌توان غلظت استانداردها را تغییر داد) برای استاندارد صفر از بی‌کربنات سدیم استفاده می‌شود. این محلول دارای ۰/۴، ۰/۶، ۰/۸، ۱، ۱/۲، ۱/۴ پی پی ام فسفر می‌باشد.

۳ ۱۲- ۲ روش کار

۱) مقدار ۱ گرم خاک را توزین و درون یک ارلن مایر ۵۰ میلی لیتری ریخته شد.

۲) ۰/۵ گرم پودر زغال اکتیو عاری از فسفر به آن افزوده شد.

۳) ۲۰ میلی لیتر بیکربنات سدیم به آن اضافه کرده و به مدت ۳۰ دقیقه بر روی یک تکان دهنده مکانیکی قرار داده شد.

۴) با عبور از یک کاغذ صافی واتمن شماره یک صاف گردید.

۵) بعد از صاف شدن نمونه‌ها به ترتیب ۲۰۰۰، ۶۰۰، ۶۰۰ میکرو لیتر از آب مقطر و استاندارها و محلول مخلوط را به درون کووت‌ها اضافه کرده و بعد از کامل شدن رنگ آبی آن را در طول موج ۶۶۰nm دستگاه اسپکترو فوتومتر قرائت گردید.

۶) غلظت فسفر را با استفاده از یک منحنی استاندارد تعیین نمایید (بلاک،۱۹۸۹) .

۳ ۱۲- ۳ محاسبات

$$P\ (ppm) = (a-b) \times (v/s)$$

که در آن:

a = p (ppm) میزان فسفر در نمونه عصاره

b = P (ppm) میزان فسفر در بلانک

v = محلول عصاره‌گیری اضافه شده

s = وزن نمونه توزین شده

۳ -۱۳ اندازه گیری مقدار کلروفیل

به منظور اندازه‌گیری کلروفیل برگ در مرحله ۵۰ درصد گلدهی مزرعه از برگ‌های بالائی و کاملاً باز بوته‌ها نمونه برداری انجام شد. ابتدا ۰/۰۲ گرم از نمونه تازه برگ را با ۵ میلی لیتر دی متیل سولفوکسید درون یک ظرف ریخته و به مدت ۳۰ دقیقه در آون با دما ۷۰ درجه سانتی گراد قرار گرفت. و بعد از سرد شدن، نمونه‌ها در یک مکان تاریک قرار داده شدند. در این مرحله با استفاده از اسپکتروفتومتر، جذب محلول در طول موج‌های ۶۴۹، ۶۶۵ و ۴۸۰ نانومتر اندازه گیری شد و از ماده دی متیل سولفوکسید نیز به عنوان محلول شاهد برای تنظیم صفر جذب نوری اسپکتروفتومتر استفاده شد.(ولبرن و همکاران،۱۹۹۴) برای انجام محاسبات مربوط به تعیین میزان کلروفیل a ، کلروفیل b و مجموع کلروفیل های a و b بر حسب میلی گرم در میلی لیتر به ترتیب از روابط زیر استفاده شد:

$$Chl\ a = (۱۲/۴۷ \times A\ ۶۶۵) - (۳/۶۲ \times A۶۴۹)$$

$$Chl\ b = (۲۵/۶ \times A\ ۶۴۹) - (۳/۶۲\ A۶۶۵)$$

$$Chl\ T = Chla + Chlb$$

$$Carotenoids = (۱۰۰۰A\ ۴۸۰ - ۱/۲۹\ Chl\ a - ۵۳/۷۸\ Chl\ b) /۲۲۰$$

در روابط فوق $A_{۶۴۹}$، $A_{۶۶۵}$ و $A_{۴۸۰}$ به ترتیب میزان جذب در طول موج های ۶۴۹ ، ۶۶۵ و ۴۸۰ نانومتر می‌باشند . در نهایت غلظت کلروفیل‌ها و کاروتنوئید با توجه به وزن تر هر نمونه بر حسب میلی گرم بر گرم وزن تر ارزیابی شد.

۳ -۱۴ تجزیه و تحلیل اطلاعات

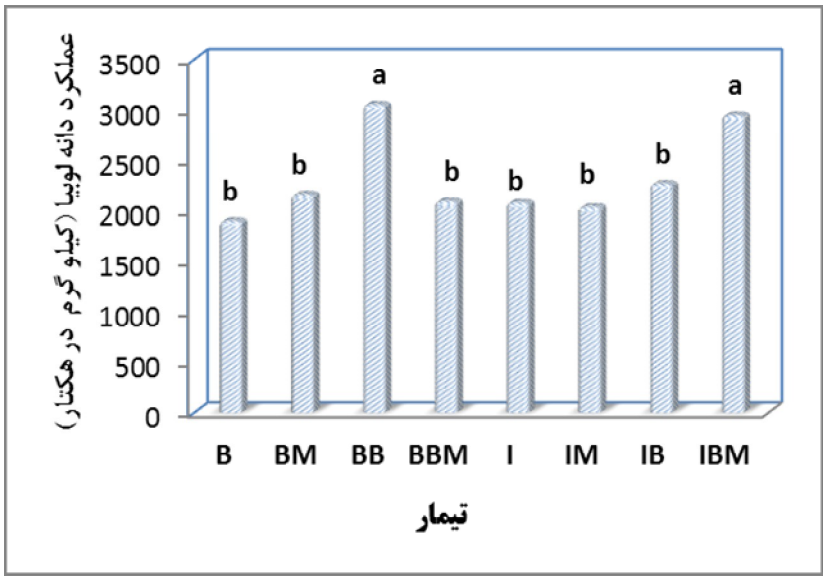
تحلیل داده ها ی حاصل از آزمایش ونمونه برداری های مختلف به روش تجزیه و تحلیل واریـانس با استفاده از نرم افزار SAS صورت گرفـت. میـانگین صـفات مـورد بررسـی بـه روش آزمـون حـداقل اختلافات معنی دار (LSD) مقایسه شدند نمودارها با استفاده از نرم افزار EXCEL رسم شد

فصل چهار

نتایج و بحث

۴-۱ عملکرد دانه لوبیا چشم بلبلی

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ضمیمه ۱) بین تیمارهای مختلف از نظر عملکرد دانه لوبیا اختلاف معنی داری در سطح یک درصد وجود داشت. نتایج مقایسه میانگین نشان داد (جدول ضمیمه ۶) که بیشترین عملکرد دانه با میانگین ۳۰۵۳ کیلوگرم مربوط به تیمار کشت خالص لوبیا چشم بلبلی به همراه باکتری مزوریزوبیوم بود. ضمناً که این تیمار از لحاظ آماری اختلاف معنی داری با تیمار کشت مخلوط توأم با باکتری مزوریزوبیوم و قارچ میکوریزا با میانگین ۲۹۵۱ کیلوگرم در هکتار نداشت. 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. کمترین عملکرد دانه با میانگین ۱۹۰۰ کیلوگرم متعلق به کشت خالص لوبیا چشم بلبلی بود هر چند که این تیمار با تیمارهای کشت مخلوط به همراه قارچ، کشت مخلوط، کشت خالص توأم با باکتری مزوریزوبیوم و قارچ میکوریزا، کشت خالص به همراه میکوریزا وکشت مخلوط به همراه باکتری از لحاظ آماری اختلاف معنی داری را نشان ندادند (شکل۴-۱). احتمالاً کاهش عملکرد دانه لوبیا چشم بلبلی در کشت مخلوط به دلیل کارایی کمتر لوبیا در جذب منابع (نور، آب، مواد غذایی) نسبت به ذرت در کشت مخلوط بوده است. در پژوهشی با بررسی کشت خالص و مخلوط بادام زمینی و ذرت ملاحظه شد که بیشترین عملکرد دانه بادام زمینی از کشت خالص بدست آمده است (احمدی و همکاران، ۲۰۰۸). تلقیح گیاه با باکتری ریزوبیوم موجب افزایش رشد، عملکرد، ارتفاع گیاه، و تعداد گره در ریشه نسبت به گیاهان بدون تلقیح در شرایط مزرعه می‌شود (ساهاران،۲۰۱۱).



شکل۴-۱- تأثیر تیمارهای کشت خالص و مخلوط بر عملکرد دانه لوبیا چشم بلبلی

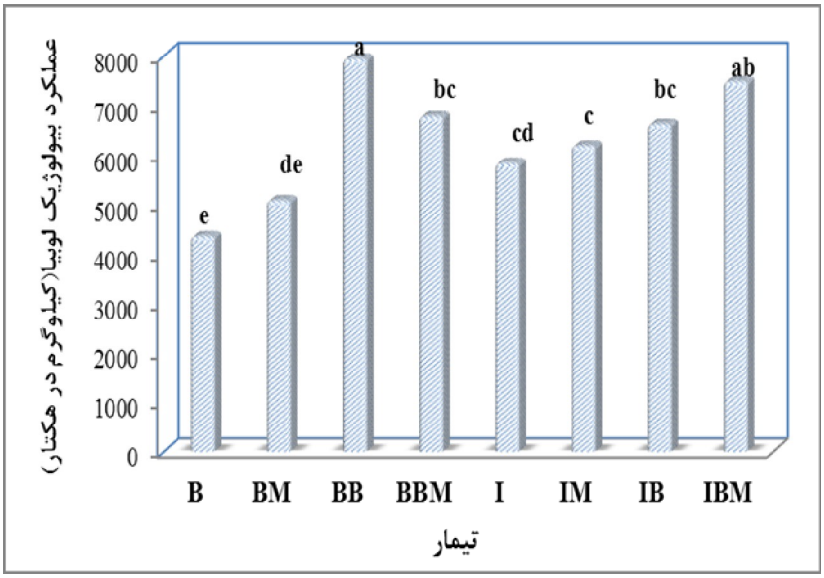
تیمارها :کشت خالص لوبیا B، کشت خالص لوبیا و قارچ میکوریزا BM، کشت خالص لوبیا و باکتری مزوریزوبیوم BB، کشت خالص لوبیا و قارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم BBM، کشت مخلوط لوبیا I ، کشت مخلوط لوبیا و قارچ میکوریزا IM، کشت مخلوط لوبیا و باکتری مزوریزوبیوم IB ، کشت مخلوط لوبیا و قارچ میکوریزاو باکتری مزوریزوبیوم IBM

یک اصل اساسی در فیزیولوژی گیاهی این است که گیاهان برای تولید عملکرد بالای دانه بـه مقـدار نسبتاً زیادی نیتروژن نیاز دارند. یکی از راه‌های افزایش نیتروژن استفاده از باکتری‌های تثبیـت کننـده نیتروژن به ویژه باکتری ریزوبیوم است. در شرایطی که عوامل محیطی بهینه هستند، بوته‌های لوبیا که با ریزوبیوم گره دار شده‌اند می‌توانند مقادیر قابل توجهی نیتروژن تثبیت کنند (گیلر، ۲۰۰۱). محققان ثابت کردند که توانایی حل فسفات در باکتری‌های ریزوبیومی مهمترین مکانیزم تحریک رشد گیـاه در خاک‌های با حاصلخیزی متوسط تا زیاد می‌باشد. بنابراین باکتری‌های ریزوبیوم یک نقش دوگانه بسیار مهم در تأمین دو عنصر حیاتی، نیتروژن و فسفر ایفاء مـی‌کننـد (کـابوت و همکـاران، ۱۹۹۶). یکـی از دلایل دیگری کـه مـی‌تـوان بـه نقـش بـاکتری ریزوبیـوم اشـاره کـرد تولیـد سـیدروفورها مـی‌باشـد. سیدروفورهای میکروبی می‌توانند در افزایش رشد گیاه به صورت غیـر مسـتقیم و از طریـق بیـوکنترل عوامل بیماری‌زای گیاهی و یا تحریک مستقیم رشد گیاه بواسطه افزایش جذب آهن توسط گیاه مـوثر باشند. همچنین بین رشد گیاه و میزان عملکرد دانه رابطه مستقیم وجود دارد بـا افـزایش رشـد گیـاه

عملکرد دانه افزایش می‌یابد. لذا براحتی می‌توان با تلقیح بذور لوبیا با باکتری ریزوبیوم به میـزان یـک کیلو گرم مایه تلقیح در یک هکتار ضمن افزایش عملکرد از مصرف بیش از اندازه کودهای ازته کاست.

۴-۲ عملکرد بیولوژیک لوبیا چشم بلبلی

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد بـین تیمارهـای مختلـف از نظـر عملکـرد بیولوژیـک لوبیـا اختلاف معنی داری در سطح یک درصـد وجـود دارد (جـدول ضـمیمه ۱). بـر اسـاس نتـایج مقایسـه میانگین صفات بیشترین عملکرد بیولوژیک لوبیا با میـانگین ۷۹۷۵/۸ کیلـوگرم در هکتـار مربـوط بـه تیمار کشت خالص لوبیا به همراه باکتری مزوریزوبیوم و کمترین آن با میـانگین ۴۳۶۳/۹ کیلـوگرم در هکتار متعلق به تیمارکشت خالص لوبیا بدست آمد (شکل۴-۲).



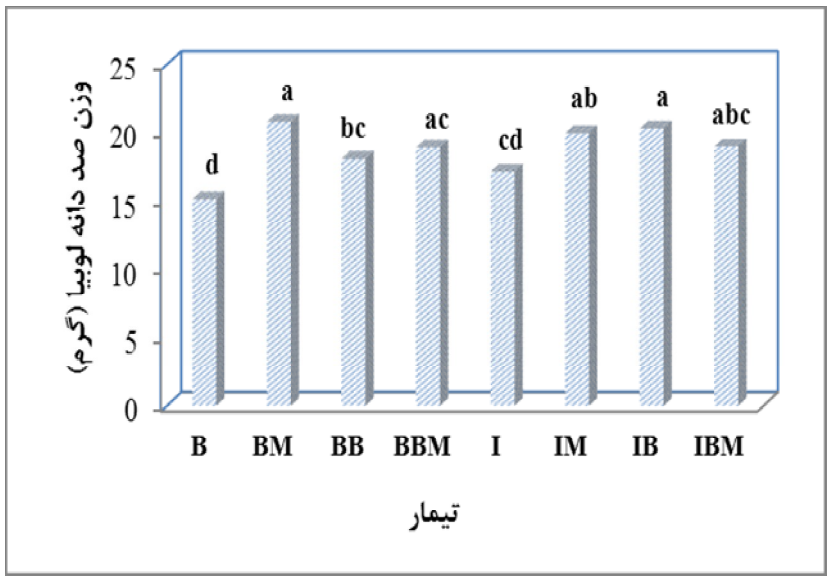
شکل۴-۲- تأثیر تیمارهای کشت خالص و مخلوط بر عملکرد بیولوژیک لوبیا چشم بلبلی

تیمارها :کشت خالص لوبیا B، کشت خالص لوبیا و قارچ میکوریزا BM، کشت خالص لوبیا و باکتری مزوریزوبیوم BB، کشت خالص لوبیا و قارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم BBM، کشت مخلوط لوبیا I ، کشت مخلوط لوبیا و قارچ میکوریزا IM، کشت مخلوط لوبیا و باکتری مزوریزوبیوم IB ، کشت مخلوط لوبیا و قارچ میکوریزاو باکتری مزوریزوبیوم IBM

نتایج بدست آمده از تحقیقات مختلف حاکی از آن است که وزن خشک شاخساره یکی از معیارهای پذیرفته شده برای تعیین کارایی همزیستی لگوم و ریزوبیوم است (زیهو و همکاران، ۲۰۰۷). در این آزمایش کمبود عنصر غذایی نیتروژن به دلیل تثبیت ضعیف تیمار شاهد، عامل اصلی کاهش عملکرد در تیمار کشت خالص است. اثرات تشدید کننده‌ی رشد گیاهانی که با باکتری ریزوبیوم تلقیح شده‌اند عمدتاً به دلیل فیتوهورمون، محدود شدن رشد قارچ‌های بیماری‌زا، تثبیت ازت مولکولی و سایر عناصر می‌باشد. یکی از راه‌هایی که این باکتری بر رشد و نمو گیاه اثر می‌گذارد سنتز اکسین می‌باشد. این هورمون باعث توسعه سیستم ریشه‌ای گیاه و به دنبال آن افزایش جذب عناصر غذایی توسط آن می-گردد. این اکسین تولید شده اثر چشمگیری بر رشد گیاه دارد (اعتصامی و همکاران، ۲۰۰۹). تثبیت ازت مولکولی و افزایش غلظت نیتروژن، به واسطه تحریک سنتز سیتوکینین و صدور آن از ریشه به بخش‌های هوایی گیاه سبب افزایش تقسیمات سلولی و متعاقب آن افزایش ارتفاع، تعداد شاخه، و سطح برگ گیاه می‌شود (کوچکی وهمکاران، ۱۳۸۷). مطالعات انجام شده روی لوبیا نشان داد، که تلقیح بذر با باکتری رایزوبیوم موجب افزایش معنی‌دار وزن خشک گیاه و تعداد غلاف نسبت به تیمار شاهد شد (بامبارا و همکاران ۲۰۱۰). بیشترین نیتروژن تثبیت شده به روش بیولوژیک در کشاورزی توسط رایزوبیوم در همزیستی با لگوم تولید می‌شود. بنابراین باکتری‌های ریزوبیوم یک نقش دو گانه بسیار مهم در تأمین دو عنصرحیاتی، نیتروژن و فسفر ایفأ می‌کنند. در پژوهشی که روی ماش انجام شد، نتایج نشان داد که تلقیح با باکتری رایزوبیوم موجب افزایش معنی‌دار وزن خشک کل اندام هوایی نسبت به تیمار شاهد شد (محمود و اتار، ۲۰۰۸).

۴-۳ وزن صد دانه لوبیا

وزن صد دانه یکی از عوامل مؤثر در شکل گیری عملکرد دانه است. نتایج تجزیه واریانس صفات نشان داد که بین تیمارهای مختلف لوبیا از نظر وزن صد دانه اختلاف معنی داری نشان داده و در سطح آماری یک درصد معنی دار بود (جدول ضمیمه ۱). بر اساس نتایج مقایسه میانگین بیشترین وزن صد دانه لوبیا با میانگین ۲۰/۷۸ گرم مربوط به تیمار کشت خالص لوبیا به همراه قارچ میکوریزا بود هر چند که این تیمار از لحاظ آماری اختلاف معنی داری با تیمار کشت مخلوط به همراه باکتری با میانگین ۲۰/۳ گرم نداشت و هر دو تیمار در یک سطح آماری قرار گرفتند. احتمالاً این افزایش وزن صد دانه به دلیل باکتری ریزوبیوم که مولد تولید فیتوهورمون‌های ایندولی (IAA) است که این فیتوهورمون‌ها از طریق رشد طولی ریشه و نهایتاً افزایش سیستم ریشه‌ای گیاه لوبیا و ذرت می‌توان سطح تماس ریشه گیاه با خاک و در نهایت سطح جذب عناصر غذایی را به گونه‌ای افزایش دهند و در نتیجه آن وزن صد دانه در گیاه افزایش می‌یابد و کمترین وزن صد دانه با میانگین ۱۵/۱۷ گرم متعلق به تیمار کشت خالص لوبیا بود (شکل ۴-۳). در یک بررسی بر گیاه ماش نشان داد که کلونیزاسیون میکوریزای به طور معنی داری وزن صد دانه را در مقایسه با گیاهان غیر میکوریزی افزایش داد (نسیم و همکاران، ۲۰۰۷). در پژوهشی با بررسی‌های کشت خالص و مخلوط بادام زمینی و ذرت ملاحظه کردند که حداکثر وزن صد دانه بادام زمینی از کشت خالص بادام زمینی بدست آمد (احمدی و همکاران، ۲۰۰۸). در یک بررسی بر گیاه آفتابگردان مشاهده شد که کلونیزاسیون میکوریزائی به طور معنی داری وزن صد دانه را در مقایسه با گیاهان غیر میکوریزی افزایش داد (سعید و همکاران، ۲۰۱۰).



شکل۴-۳- تأثیر تیمارهای کشت خالص و مخلوط بر وزن صد دانه لوبیا چشم بلبلی

تیمارها :کشت خالص لوبیا B، کشت خالص لوبیا و قارچ میکوریزا BM، کشت خالص لوبیا و باکتری مزوریزوبیوم BB، کشت خالص لوبیا و قارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم BBM، کشت مخلوط لوبیا I ، کشت مخلوط لوبیا و قارچ میکوریزا IM، کشت مخلوط لوبیا و باکتری مزوریزوبیوم IB ، کشت مخلوط لوبیا و قارچ میکوریزاو باکتری مزوریزوبیوم IBM

به نظر می‌رسد که قارچ میکوریزا آرباسکولار 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 بنابراین فرایند فتوسنتز نیز بهبود می‌یابد و عملکرد دانه گیاهان زراعی رابطه نزدیکی با اسیمیلاسیون فتوسنتزی خالص CO_2 دارد. در گیاهان میکوریزایی سرعت فتوسنتز افزایش می‌یابد تا نیاز همزیستی قارچ میکوریزا 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 میکوریزای این انتقال تأثیری بر وزن خشک گیاه نمی‌گذارد. بنابراین افزایش فتوسنتز توسط قارچ میکوریزا 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.

۴-۴ تعداد غلاف لوبیا

تعداد غلاف در گیاه مهمترین ویژگی تعیین‌کننده عملکرد لوبیا و حساس‌ترین جزء عملکـردی آن می‌باشد. نتایج تجزیه واریانس صفات نشان داد که بین تیمارهای مختلف از نظـر تعـداد غـلاف درهـر بوته لوبیا اختلاف معنی دار وجود نداشت (جدول ضمیمه ۱). در پژوهشی که روی لوبیا چشم بلبلـی انجام شد، نتایج نشان داد که تلقیح با باکتری رایزوبیوم و قارچ میکوریزا موجب افزایش تعداد غـلاف در لوبیا نسبت به تیمار شاهد شد (بهت و همکاران، ۲۰۱۰).

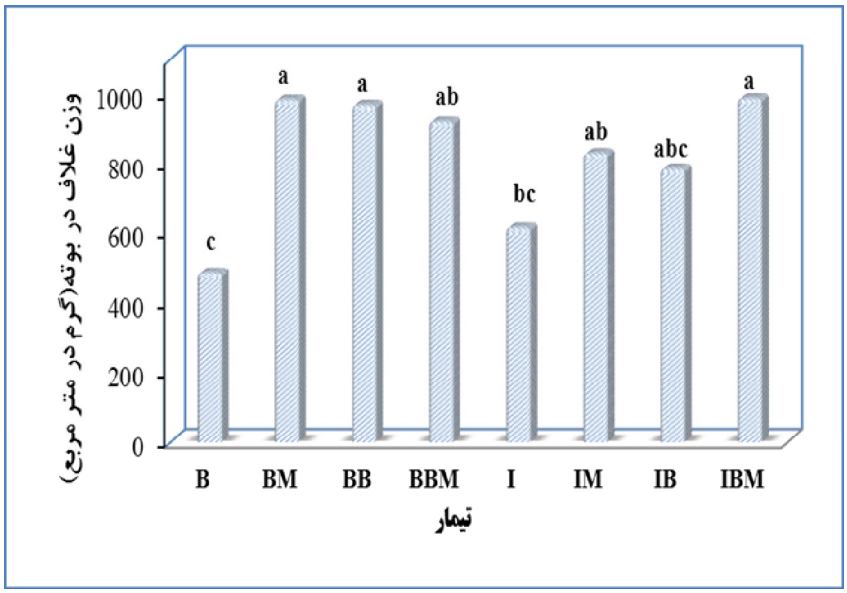
۴-۵ تعداد دانه در غلاف

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین تیمارهای مختلف از نظر تعداد دانه در غلاف در هر بوته لوبیا اختلاف معنی داری وجود نداشت (جدول ضمیمه ۱). در پژوهشی مشخص شد که تعداد غلاف‌های خالی در واحد سطح، تحت تأثیر ترکیبات مختلف کشت مخلوط قرار نگرفت و با توجه به نتایج مربوط، به نظر می‌رسد که افزایش رقابت بین گونه‌ای در کشت مخلوط ذرت و لوبیا تأثیر چندانی بر پر شدن دانه‌ها در غلاف ندارد (رضوان بیدختی، ۱۳۸۳).

۴-۶ وزن خشک غلاف لوبیا

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین تیمارهای مختلف از نظـر وزن خشـک غـلاف در هـر بوتـه لوبیا اختلاف معنی داری در سطح آماری پنج درصد وجود داشت (جدول ضـمیمه ۱). نتـایج مقایسـه میانگین صفات نشان داد از لحاظ آماری سه تیمار کشت مخلـوط تـوأم بـا قـارچ میکـوریزا و بـاکتری مزوریزوبیوم، کشت خالص لوبیـا بـه همـراه قـارچ میکـوریزا، کشـت خـالص لوبیـا بـه همـراه بـاکتری

مزوریزوبیوم بیشترین وزن خشک غلاف لوبیا را به ترتیب با میانگین ۹۸۷/۷، ۹۸۴/۵ و ۹۶۹/۲ گـرم در متر مربع را دارا بودند. کمترین وزن خشک غلاف لوبیا با میانگین ۴۸۵/۶ گرم در متر مربع مربـوط بـه تیمار کشت خالص لوبیا بود (شکل۴-۴). نتایج این آزمایش نشان می‌دهد که تیمار کشت مخلوط توأم با قارچ و باکتری از نظر میزان ماده خشک توزیع شده در اندام‌های مختلـف، غـلاف سـهم بیشـتری را نسبت به سایر اندام‌ها داشته است. فسفر در تغذیه‌ی گیاه و تثبیت نیتروژن در لگوم‌ها نقش مهمـی را ایفا می‌کند. بهره‌گیری از موجودات مفید خاکزی و استفاده از مخلوط گیاهان به منظور بهبود وضعیت حاصلخیزی خاک، افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی و تأمین سلامتی گیاه از مهمتـرین شـیوه‌هـای علمی برای کمک به پایداری تعـادل سیسـتم زنـده خـاک و جلـوگیری از خطـر تـراکم آلاینـده‌هـای شیمیایی در محیط زیست محسوب می‌شود.



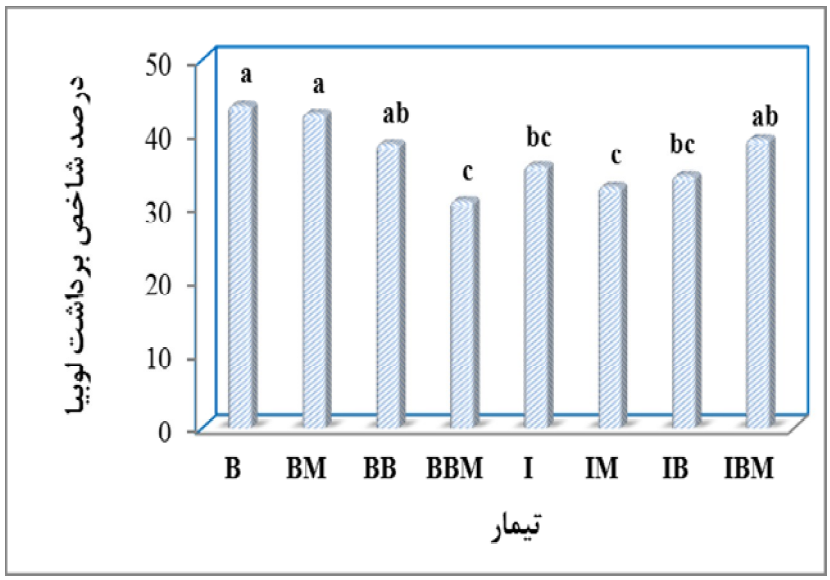
شکل۴-۴- تأثیر تیمارهای کشت خالص و مخلوط بر وزن غلاف لوبیا چشم بلبلی

تیمارها :کشت خالص لوبیا B، کشت خالص لوبیا و قارچ میکوریزا BM، کشت خالص لوبیا و باکتری مزوریزوبیوم BB، کشت خالص لوبیا و قارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم BBM، کشت مخلوط لوبیا I ، کشت مخلوط لوبیا و قارچ میکوریزا IM، کشت مخلوط لوبیا و باکتری مزوریزوبیوم IB، کشت مخلوط لوبیا و قارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم IBM

در مطالعه‌ای تلقیح توأم بذور لوبیا چشم بلبلی با قارچ میکوریز آرباسکولار گونه (*Glomus mossea*) و باکتری ریزوبیوم موجب بیشتر شدن عملکرد ماده خشک، تعداد غلاف و عملکرد دانه شد (بابی و همکاران، ۲۰۰۸). 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 است که در آن رشد گیاه و وزن خشک غلاف افزایش می‌یابد.

۴-۷ شاخص برداشت لوبیا

شاخص برداشت در واقع نشان دهنده وضعیت تخصیص مواد فتوسنتزی بین رشد رویشی و رشد زایشی گیاه می‌باشد. هرچه شاخص برداشت بالاتر باشد نشان دهنده آن است که گیاه درصد بیشتری از مواد فتوسنتزی را به قسمت محصول اقتصادی اختصاص داده است. البته شاخص برداشت بالا زمانی مناسب است که گیاه از لحاظ عملکرد دانه و چه از لحاظ عملکرد بیولوژیک به پتانسیل ژنتیکی خود نزدیک شده باشد و سهم عمده‌ای از عملکرد بیولوژیک، مربوط به عملکرد اقتصادی گیاه باشد (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۸). براساس نتایج تجزیه واریانس، بین تیمارهای مختلف تفاوت معنی داری از نظر شاخص برداشت در سطح آماری ۰/۰۱ وجود داشت (جدول ضمیمه ۱). با توجه به نتایج مقایسات میانگین صفات بیشترین شاخص برداشت لوبیا با میانگین‌های۴۳/۷۳ و ۴۲/۶۴ درصد به ترتیب مربوط به تیمار کشت خالص لوبیا و کشت خالص لوبیا به همراه قارچ بود. همچنین از لحاظ آماری دو تیمار کشت خالص لوبیا توأم با قارچ میکوریزا و باکتری ریزوبیوم و کشت مخلوط به همراه قارچ میکوریزا کمترین میزان شاخص برداشت را دارا می‌باشند که هر دو در یک سطح آماری قرار داشتند (شکل ۴-۵).



شکل۴-۵- تأثیر تیمارهای کشت خالص و مخلوط بر شاخص برداشت لوبیا چشم بلبلی

تیمارها :کشت خالص لوبیا B، کشت خالص لوبیا و قارچ میکوریزا BM، کشت خالص لوبیا و باکتری مزوریزوبیوم BB، کشت خالص لوبیا و قارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم BBM، کشت مخلوط لوبیا I ، کشت مخلوط لوبیا و قارچ میکوریزا IM، کشت مخلوط لوبیا و باکتری مزوریزوبیوم IB، کشت مخلوط لوبیا و قارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم IBM

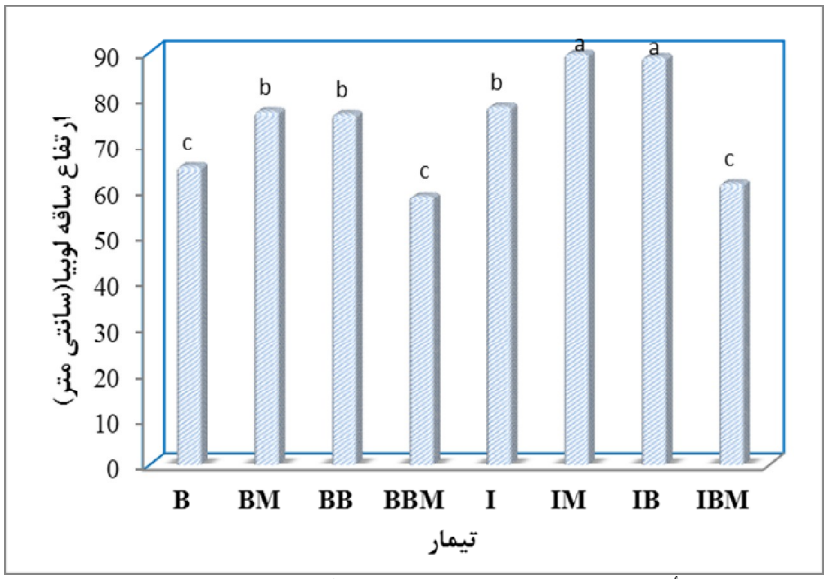
در یک بررسی بر روی کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم بلبلی مشاهده شد که بیشترین شاخص برداشت لوبیا چشم بلبلی از کشت خالص لوبیا بدست آمده است (مریس و همکاران، ۲۰۱۰).

دلیل کاهش شاخص برداشت لوبیا در کشت مخلوط را می‌توان به وجود رقابت‌های بین گونه‌ای ذرت با لوبیا بر سر جذب نور و رقابت درون گونه‌ای لوبیا بود که باعث کاهش رشد و عملکرد لوبیا در تیمارهای کشت مخلوط شده است. بالاتر بودن شاخص برداشت در تیمارهای کشت خالص نشان می-دهد که تخصیص مواد فتوسنتزی بین مخزن‌های اقتصادی نسبت به سایر مخزن‌های موجود در گیاه بیشتر بوده است لذا در این سیستم عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک بیشتر بوده است. به نظر می-رسد تلقیح بذر لوبیا با باکتری مزوریزوبیوم و قارچ میکوریزا موجب تولید هورمون‌های رشد گیاهی می‌شود و گیاه برای ساخت هورمون انرژی مصرف می‌کند به همین دلیل فرآیندهای گیاهی (فرآیندهای متابولیکی) صرف رشد می‌شود و مانع از انتقال مواد به بذر لوبیا نسبت به تیمار شاهد

شده به همین دلیل شاخص برداشت لوبیا برای تیمار تلقیح با باکتری مزوریزوبیوم و قارچ میکوریزا نسبت به تیمار کشت خالص لوبیا بدون تلقیح کمتر بوده است.

۴-۸ ارتفاع بوته لوبیا

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس بین تیمارهای مختلف از نظر ارتفاع اختلاف معنی داری در سطح یک درصد وجود داشت (جدول ضمیمه ۲). نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیشترین ارتفاع با میانگین‌های ۸۹/۷۵ و ۸۹ سانتی متر در بوته به ترتیب مربوط به تیمارهای کشت مخلوط به همراه قارچ میکوریزا و کشت مخلوط به همراه باکتری مزوریزوبیوم بود و تیمارهای کشت خالص توأم با قارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم، کشت خالص لوبیا و کشت مخلوط توأم با قارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم به ترتیب با میانگین‌های ۵۸/۶۶، ۶۵/۱۶ و ۶۱/۵ سانتی متر کمترین ارتفاع بوته را دارا بودند که از لحاظ آماری در یک سطح قرار گرفته‌اند (شکل ۴-۶).



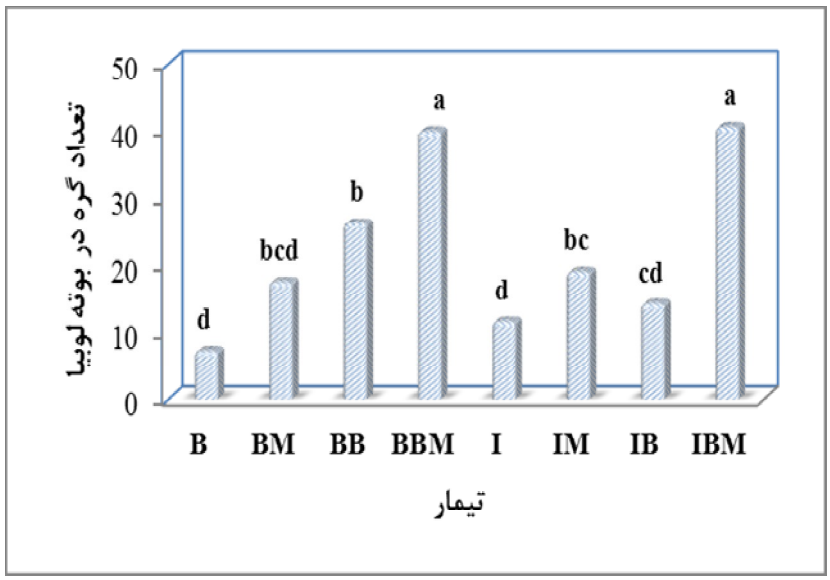
شکل٤ ٦- تأثیر تیمارهای کشت خالص و مخلوط بر ارتفاع ساقه لوبیا چشم بلبلی

تیمارها :کشت خالص لوبیا B، کشت خالص لوبیا و قارچ میکوریزا BM، کشت خالص لوبیا و باکتری مزوریزوبیوم BB، کشت خالص لوبیا و قارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم BBM، کشت مخلوط لوبیا I ، کشت مخلوط لوبیا و قارچ میکوریزا IM، کشت مخلوط لوبیا و باکتری مزوریزوبیوم IB، کشت مخلوط لوبیا و قارچ میکوریزاو باکتری مزوریزوبیوم IBM

الباس و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که تلقیح سویا با قارچ میکوریزا موجب افـزایش وزن خشـک ساقه و قطر ساقه گردید .در یک بررسی دیگر بر گیاه آفتابگردان نشان داد که کلونیزاسیون میکوریزای به طور معنی‌داری ارتفاع گیاه را در مقایسه با گیاهان غیر میکوریزی افـزایش داد (سـعید و همکـاران، ۲۰۱۱). مجموعه ارتفاع بوته در تیمارهای کشت مخلوط در مقایسه با تک کشتی بیشـتر بـوده اسـت که دلیل آن را می‌توان به افزایش ارتفاع در نتیجه توان رقابتی بالاتر ذرت در جذب بهتـر نـور و سـایه اندازی گیاه ذرت دانست زیرا گونه‌های بلندتر در کشت مخلوط بر روی گونه‌های کوتاهتر سایه انـدازی نموده و لذا ارتفاع در جزء کوتاهتر افزایش می‌یابد. به نظر می‌رسـد کـه وجـود ریزموجـودات ناشـی از کاربرد کودهای بیولوژیک در محیط ریشه گیاه تأثیر مثبتی بـر رشـد گیـاه داشـته اسـت و منجـر بـه افزایش ارتفاع گیاه می‌گردد. این امر می‌تواند مربوط به تولید و ترشح ترکیبـات تحریـک کننـده رشـد گیاه و یا برخی هورمون‌های تنظیم کننده رشد از جمله سـیتوکینین باشـد کـه توسـط ریزموجـودات خاک تولید می‌شود. 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 مزوریزوبیـوم) در تـأمین مواد غذایی و اشغال مکان‌های ریشه دانست هر چند که الگوی پاسخگویی به وضوح روشن نشده است

۴-۹ تعداد گره لوبیا

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اختلاف بین تیمارهای مختلف از نظـر تعـداد گـره ریشـه لوبیـا در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ضمیمه ۲). مقایسه میانگین صـفات نشـان داد کـه بیشـترین تعداد گره با میانگین ۴۰/۶۶ و ۴۰ گره در بوته به ترتیب در تیمارهای کشت مخلـوط تـوأم بـا بـاکتری مزوریزوبیوم و قارچ میکوریزا و کشت خالص لوبیا توأم با باکتری مزوریزوبیوم و قارچ میکوریزا مشـاهده شد و کمترین آن با میانگین ۷/۳۳ و ۱۱/۶۶ گره در بوته به ترتیب متعلق به تیمارهای کشـت خـالص لوبیا و کشت مخلوط بود (شکل۴-۷).



شکل۴-۷- تأثیر تیمارهای کشت خالص و مخلوط بر تعداد گره ریشه لوبیا چشم بلبلی

تیمارها :کشت خالص لوبیا B، کشت خالص لوبیا و قارچ میکوریزا BM، کشت خالص لوبیا و باکتری مزوریزوبیوم BB، کشت خالص لوبیا و قارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم BBM، کشت مخلوط لوبیا I ، کشت مخلوط لوبیا و قارچ میکوریزا IM، کشت مخلوط لوبیا و باکتری مزوریزوبیوم IB، کشت مخلوط لوبیا و قارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم IBM

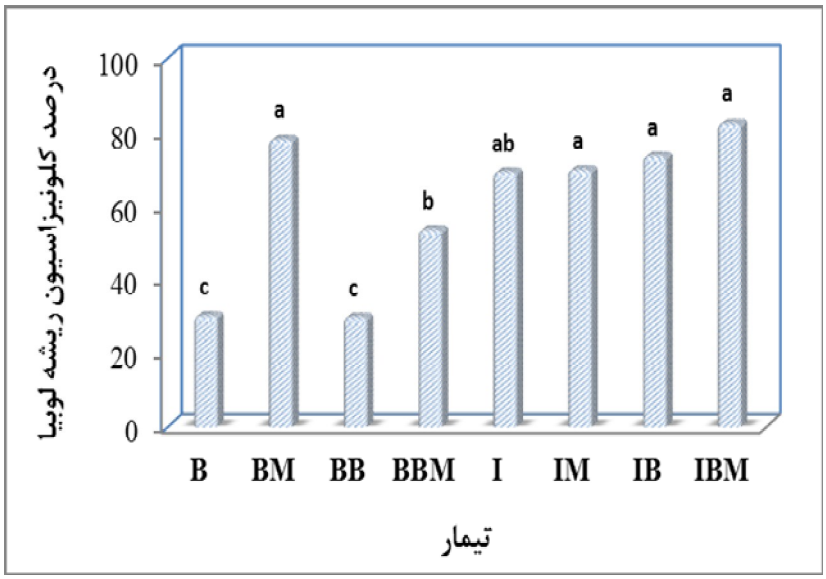
تلقیح توأم بذور لوبیا چشم بلبلی با قارچ میکوریز آرباسکولار و باکتری ریزوبیوم بیشترین تعداد گره ریشه و وزن گره ریشه را تولید می‌کنند (فرانزینی و همکاران، ۲۰۰۹). در بررسی دیگر بهت و همکاران (۲۰۱۰) گزارش دادند که افزایش تأمین فسفر برای گیاه میزبان توسط قارچ میکوریزا موجب افزایش تعداد گره‌های ریشه می‌شود. باکتری‌ها با تولید اکسین و سیتوکنین، موجب ایجاد و رشد گره می شوند (شیرانی راد،۱۳۸۱). درون گره تشکیل شده، باکتروئیدهای حاوی آنزیم تثبیت کننده نیتروژن یعنی نیتروژناز وجود دارند که با محلول قرمز رنگ لگ هموگلوبین احاطه شده اند و نقش آن تسهیل انتشار اکسیژن به باکتروئیدها است (شیرانی راد و همکاران ۱۳۷۳) عوامل محیطی مختلفی از قبیل درجه حرارت خاک، غلظت اکسیژن خاک، طول روز بر تشکیل گره تأثیر می‌گذارند. چندین ماده غذایی نیز بر تشکیل گره تأثیر می‌گذارند (علی اصغرزاده، ۱۳۷۶). قارچ میکوریزا می‌تواند قابلیت جذب فسفر را زیاد کرده و رشد گیاه را با افزایش کارایی تثبیت زیستی نیتروژن، دسترسی عناصر غذایی و تولید هورمون‌های رشد افزایش دهند (علیمدادی و همکاران، ۱۳۸۹). در تلقیح گیاه با قارچ

میکوریزا و باکتری ریزوبیوم زمان رشد گیاه بسیار طولانی‌تر از حالت کنترل شده است. میزان فسفر و سرعت فتوسنتز گیاهان دارای قارچ میکوریزا در مقایسه با گیاهان فاقد میکوریزا بیشتر است. در نتیجهٔ اثر این عوامل، اندازه گره و انرژی جهت تثبیت نیتروژن افزایش می‌یابد. بطور کلی تلقیح گیاه با قارچ میکوریزا سبب تحریک تشکیل گره و ریزوبیوم شده و تعداد غده افزایش می‌یابد (فلاح، ۱۳۸۵). علیمدادی و همکاران (۱۳۸۹) گزارش کردند تلقیح گیاه نخود با قارچ میکوریزا و باکتری ریزوبیوم در تشکیل گره بر روی ریشه گیاه موثر واقع شد. به نظر می‌رسد که یک حالت همزیستی چند جانبه بین لوبیا، قارچ میکوریزا و باکتری ریزوبیوم وجود دارد به طوری که قارچ میکوریزا با افزایش سطح جذب مواد غذایی از جمله فسفر برای ریشه گیاه و باکتری با چسبیدن به سطح هیف-های قارچ میکوریزا و در نهایت نفوذ به داخل ریشه گیاه، می‌تواند در تشکیل تعداد گره اثر مثبتی داشته و از آنجای که تشکیل گره بر روی ریشه نیاز شدیدی به فسفر دارد پس قارچ میکوریزا و همچنین کشت مخلوط لوبیا چشم بلبلی و ذرت در تأمین فسفر مورد نیاز ریزوبیوم در تولید تعداد گره‌های بیشتر در سطح ریشه تیمار کشت مخلوط توأم با باکتری مزوریزوبیوم و قارچ میکوریزا نسبت به تیمار کشت خالص مؤثر است.

۴ -۱۰ درصد کلونیزاسیون میکوریزا ریشه لوبیا

با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس بین تیمارهای مختلف درصد کلونیزاسیون ریشه لوبیا اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد وجود داشت (جدول ضمیمه ۲). درصد آلودگی ریشه با قارچ (*Glomus mossea*) برای گیاهان لوبیا تلقیح شده بین ۲۹ تا ۸۲ درصد متغییر بود. در این پژوهش بر اساس نتایج مقایسات میانگین صفات بیشترین درصد کلونیزاسیون ریشه با میانگین ۸۲/۲۳، ۷۸، ۷۳/۳۳ و ۶۹/۶۶ درصد به ترتیب مربوط به تیمارهای کشت مخلوط توأم با قارچ و باکتری، کشت خالص لوبیا با قارچ میکوریزا، کشت مخلوط با باکتری و کشت مخلوط با قارچ میکوریزا مشاهده شد

که هر سه تیمار از لحاظ آماری در یک سطح قرار گرفته اند و همچنین از لحاظ آماری دو تیمار کشت خالص لوبیا به همراه باکتری مزوریزوبیوم و کشت خالص لوبیا کمترین درصد کلونیزاسیون ریشه با میانگین‌های ۲۹/۶۷ و ۳۰ درصد را دارا بودند (شکل۴-۸).



شکل۴-۸- تأثیر تیمارهای کشت خالص و مخلوط بر درصد کلونیزاسیون ریشه لوبیا چشم بلبلی

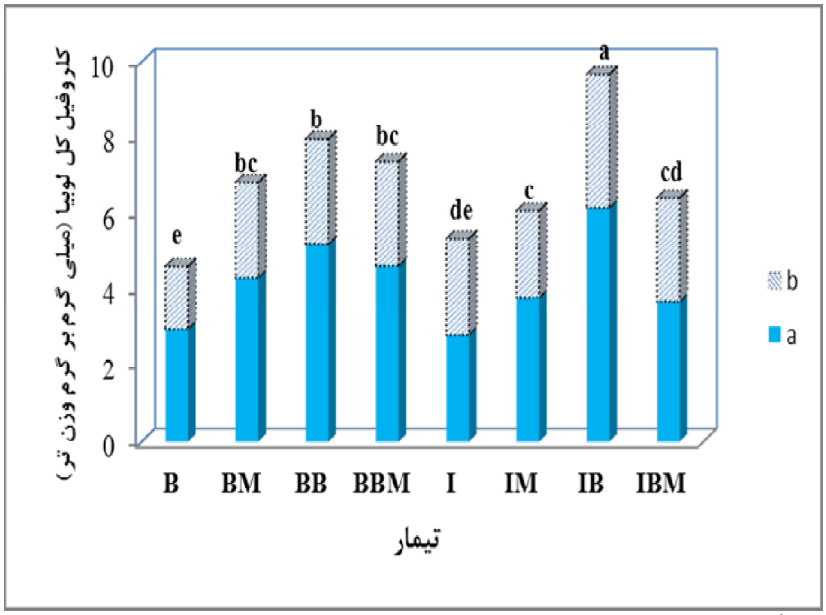
تیمارها :کشت خالص لوبیا B، کشت خالص لوبیا و قارچ میکوریزا BM، کشت خالص لوبیا و باکتری مزوریزوبیوم BB ، کشت خالص لوبیا و قارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم BBM، کشت مخلوط لوبیا I ، کشت مخلوط لوبیا و قارچ میکوریزا IM، کشت مخلوط لوبیا و باکتری مزوریزوبیوم IB، کشت مخلوط لوبیا و قارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم IBM

کشت مخلوط باقلا با ذرت تلقیح شده با قارچ میکوریزا باعث افزایش جذب فسفر آلی، تعدادگره، وزن گره و درصد آلودگی ریشه باقلا شد (تانگ جان، ۲۰۱۰). در مجموع به نظر می‌رسد که در تیمارهای کشت مخلوط درصد کلونیزاسیون ریشه نسبت به کشت خالص بیشتر بوده است که دلیل آن را می-توان به ترشحات ریشه نسبت داد که با افزایش تنوع گونه‌های گیاهی میزان ترشحات ریشه از جمله اسیدهای آمینه و قندها در محیط اطراف ریشه نسبت به کشت خالص بیشتر شده و باکتری و قارچ-

های بیشتری در نزدیک ریشه‌ها تجمع کرده تا از این مواد مترشحه به عنوان منبع غذایی استفاده کنند و در نتیجه آن درصد کلونیزاسیون نیز افزایش یافته است. نوع برهم کنش قارچ میکوریزا آرباسکولار و باکتری محرک رشد (PGPR) بستگی به محیط خاک، نوع باکتری، قارچ و گیاه دارد باکتری‌ها محرک رشد می‌توانند با تأثیر بر میزان تمایل و پذیرش ریشه برای قارچ و رشد و جوانه زنی اسپورها و همچنین تغییر ترشحات ریشه‌ای و محیط ریزوسفر، تشکیل و عملکرد قارچ‌های میکوریزی را تحت تأثیر قرار دهند (جز و همکاران، ۲۰۰۵). باکتری ریزوبیوم و تنوع گیاهی بر افزایش آلودگی میکوریزا اثر داشته است یا به عبارتی وجود باکتری ریزوبیوم به عنوان همزیست دیگر، سبب کاهش هم زیستی میکوریزا در اثر شکل گیری رقابت نگردید.

۴ -۱۱ میزان کلروفیل کل، کلروفیل a و کلروفیل b برگ لوبیا

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اختلاف بین تیمارهای مختلف از نظر میزان کلروفیل a,کلروفیل b و کلروفیل کل در هر بوته لوبیا در سطح آماری یک درصد معنی دار بود (جدول ضمیمه ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل کل با میانگین ۹/۶۷ میلی گرم بر گرم وزن تر مربوط به تیمار کشت مخلوط به همرا باکتری مزوریزوبیوم و کمترین آن با میانگین۴/۲ میلی گرم بر گرم وزن تر در کشت خالص لوبیا بود. میانگین نتایج به دست آمده برای کلروفیل a نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل a با میانگین ۱۶/۶ میلی گرم بر گرم وزن تر مربوط به تیمار کشت مخلوط به همراه باکتری مزوریزوبیوم و کمترین میزان کلروفیل a با میانگین۲/۸۲ میلی گرم بر گرم وزن تر مربوط به تیمار کشت مخلوط بود. همچنین نتایج به دست آمده برای کلروفیل b نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل b با میانگین ۳/۵ میلی گرم بر گرم وزن تر مربوط به تیمار کشت مخلوط به همرا باکتری مزوریزوبیوم و کمترین میزان آن با میانگین ۱/۶۳ میلی گرم بر گرم وزن تر مربوط به کشت خالص لوبیا بود (شکل۴-۹).



شکل۴-۹- تأثیر تیمارهای کشت خالص و مخلوط بر کلروفیل کل، کلروفیل a، کلروفیل b لوبیا چشم بلبلی

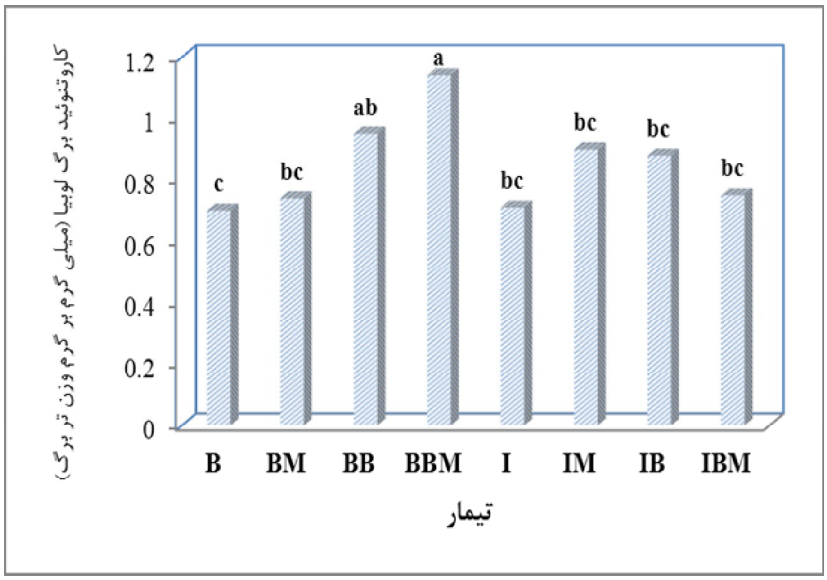
تیمارها :کشت خالص لوبیا B، کشت خالص لوبیا و قارچ میکوریزا BM، کشت خالص لوبیا و باکتری مزوریزوبیوم BB، کشت خالص لوبیا و قارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم BBM، کشت مخلوط لوبیا I ، کشت مخلوط لوبیا و قارچ میکوریزا IM، کشت مخلوط لوبیا و باکتری مزوریزوبیوم IB، کشت مخلوط لوبیا و قارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم IBM

در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص میزان کلروفیل برگ افزایش می‌یابد (پارسا و باقری، ۲۰۰۸). در بررسی دیگری که بر روی کشت مخلوط گوجه و جعفری انجام شد گزارش گردید که میزان کلروفیل، فتوسنتز، ارتفاع گیاه و عملکرد میوه گوجه فرنگی در کشت مخلوط افزایش می‌یابد (گولمز و همکاران، ۲۰۰۷). بنابراین افزایش میزان کلروفیل برگ در گیاهان کشت شده به صورت مخلوط طبیعی به نظر می‌رسد. تفاوت اصلی نور با سایر منابع محیطی در این است که که نور قابل ذخیره شدن نیست بنابراین به طور کلی سیستمی در جذب نور موفق تر است که اولاً بتواند از نور رسیده شده به سطح کنوپی حداکثر استفاده را به عمل بیاورد و در ثانی سطوح دریافت کننده دوام بیشتری داشته باشند و از این رو سرعت بسته شدن کنوپی با مقدار استفاده نور رابطه مستقیمی دارد. نور مؤثر در فتوسنتز که ممکن است به خاطر رشد کم ذرت در ابتدای فصل و گذشت سن لوبیا در انتهای دوره

رشد مورد استفاده قرار نگیرد با کشت مخلوط این دو گونه انرژی نورانی با کارایی بیشتری مورد استفاده قرار می‌گیرد. رنگیزه‌های درون غشای کلروپلاست عمدتاً از دو نوع کلروفیل (a و b) و دو نوع رنگیزه نارنجی و زرد به نام کاروتنوئید (کاروتن و گزانتوفیل) تشکیل شده است (سرمدنیا و همکاران، ۱۳۷۲). از آنجا که بین میزان کلروفیل کل برگ و میزان نیتروژن آن رابطه مستقیم وجود دارد می‌توان استنباط کرد که هر قدر دسترسی گیاه به نیتروژن مناسب تر باشد کلروفیل برگ به طور مناسب تری افزایش می‌یابد و میزان فتوسنتز آن بهبود می‌یابد. پس باکتری مزوریزوبیوم و کشت مخلوط باعث تأمین نیتروژن مورد نیاز در گیاه شده است و روی میزان کلروفیل کل، کلروفیل a و کلروفیل b برگ لوبیا تأثیر مثبت داشته و موجب افزایش آنها نسبت به کشت خالص شده است. از آنجا که میزان کلروفیل برگ با میزان فتوسنتز و تولید ماده خشک با یکدیگر در ارتباط هستند بیشتر بودن میزان کلروفیل در تیمار کشت مخلوط به همراه باکتری می‌تواند منجر به افزایش فرایند فتوسنتز، تولید ماده خشک و عملکرد گردد.

۴-۱۲ میزان کاروتنوئید در برگ لوبیا

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اختلاف بین تیمارهای مختلف از نظر میزان کاروتنوئید در هر بوته لوبیا در سطح آماری پنج درصد اختلاف معنی دار داشت (جدول ضمیمه ۲). مقایسات میانگین نشان داد که بیشترین میزان کاروتنوئید با میانگین ۱/۱۴ میلی گرم بر گرم وزن تر مربوط به تیمار کشت خالص لوبیا توام با قارچ و باکتری و کمترین میزان آن با میانگین ۰/۷ میلی گرم بر گرم وزن تر متعلق به تیمار کشت خالص لوبیا بود (شکل ۴-۱۰).



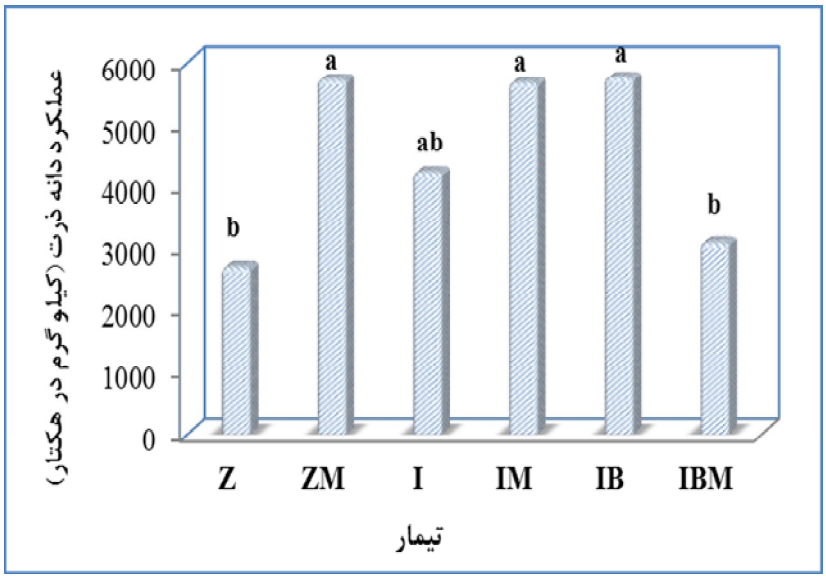
شکل۴-۱۰- تأثیر تیمارهای کشت خالص و مخلوط بر میزان کاروتنوئید در برگ لوبیا چشم بلبلی

تیمارها :کشت خالص لوبیا B، کشت خالص لوبیا و قارچ میکوریزا BM، کشت خالص لوبیا و باکتری مزوریزوبیوم BB، کشت خالص لوبیا و قارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم BBM، کشت مخلوط لوبیا I ، کشت مخلوط لوبیا و قارچ میکوریزا IM، کشت مخلوط لوبیا و باکتری مزوریزوبیوم IB، کشت مخلوط لوبیا و قارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم IBM

کاروتنوئید به عنوان رنگیزه‌ی کمکی در گیاهان شناخته شده است. علاوه بر نقش کاروتنوئید به عنوان رنگیزه کمکی، دارای یک نقش الزامی در پدیده حفاظت نور می‌باشد. اگر انرژی نورانی نتواند توسط واکنش‌های فتوشیمیائی ذخیره شود مقادیر زیادی انرژی جذب شده به وسیله رنگیزه‌ها به سهولت به غشاء فتوسنتزی صدمه میزند. به همین علت وجود یک سازوکار حفاظتی ضروری است به نظر می‌رسد که کاروتنوئیدها می‌تواند به عنوان یک دریچه اطمینان، انرژی اضافه را قبل از اینکه به اندام صدمه بزند تخلیه کند (سرمدنیا و همکاران، ۱۳۷۲). نظر به اینکه در لوبیا با قارچ میکوریزا و باکتری ریزوبیوم میزان فتوسنتز افزایش می‌یابد و این افزایش ناشی از افزایش کلروفیل و افزایش کاروتنوئید می‌باشد بالا بودن میزان کاروتنوئید در برگ گیاهان موجب حفظ بهتر کلروفیل a و b شده و در نتیجه توانایی برگ در فتوسنتز بالا می‌رود که در کشت خالص این اعمال خیلی کمتر است.

۴-۱۳عملکرد دانه ذرت

عملکرد دانه یکی از مهمترین صفات گیاه می‌باشد که در واقع نشان دهنده عملکرد اقتصادی گیاه است. نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که بین تیمارهای مختلف از نظر عملکرد دانه ذرت اختلاف معنی داری در سطح آماری ۰/۰۵ وجود دارد (جدول ضمیمه ۳). نتایج مقایسه میانگین صفات نشان داد که بیشترین عملکرد دانه با میانگین‌های ۵۷۵۱/۹، ۵۷۱۶/۸ و ۵۶۶۹/۵ کیلوگرم در هکتار به ترتیب مربوط به تیمارهای کشت مخلوط به همراه باکتری مزوریزوبیوم، کشت خالص ذرت به همراه قارچ میکوریزا و کشت مخلوط به همراه قارچ میکوریزا بود که هر سه تیمار از لحاظ آماری در یک سطح قرار گرفته‌اند. کمترین عملکرد دانه با میانگین‌های ۲۶۹۵/۹ و ۳۰۸۰/۹ کیلوگرم در هکتار به ترتیب در تیمارهای کشت خالص ذرت و کشت مخلوط توام با باکتری مزوریزوبیوم و قارچ میکوریزا مشاهده شد که هر دو تیمار از لحاظ آماری در یک سطح آمار قرار گرفته اند (شکل ۴-۱۱).



شکل۴-۱۱- تاثیر تیمارهای کشت خالص و مخلوط بر عملکرد دانه ذرت

تیمارها: کشت خالص ذرت Z، کشت خالص ذرت و قارچ میکوریزا ZM، کشت مخلوط ذرت I ، کشت مخلوط ذرت و قارچ میکوریزا IM، کشت مخلوط ذرت و باکتری مزوریزوبیوم IB ، کشت مخلوط ذرت و قارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم IBM

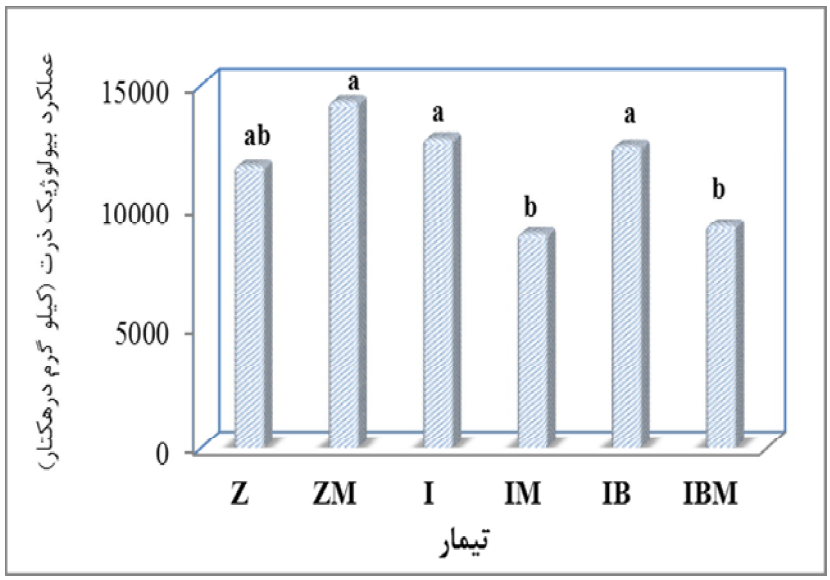
در پژوهشی با بررسی‌های کشت خالص و مخلوط بادام زمینی و ذرت ملاحظه کردند که حداکثر عملکرد دانه ذرت از کشت مخلوط بدست آمد (احمدی و همکاران، ۲۰۰۸).

تلقیح منفرد و توأم باکتری ریزوبیوم و باکتری حل کننده فسفات، وزن ریشه، وزن خشک گیاه، ارتفاع گیاه طول سنبله، عملکرد دانه، محتوی فسفر دانه و پروتئین برگ را در گندم افزایش داد (سارهان و همکاران، ۲۰۱۱). در پژوهشی دیگر با بررسی‌های کشت خالص و مخلوط لوبیا چشم بلبلی و ذرت ملاحظه شد که حداکثر عملکرد دانه ذرت از کشت مخلوط بدست آمده است (اسکندری و همکاران، ۲۰۰۹). با توجه به شکل (۴-۱۱) می‌توان چنین اظهار کرد که عملکرد ذرت در تیمارهای کشت مخلوط نسبت به تیمارهای کشت خالص بیشتر بوده است. چنین به نظر می‌رسد که دلیل این امر افزایش رقابت درون گونه‌ای ذرت باشد. زیرا ذرت مخلوط با گیاهانی که نسبت به آن ارتفاع کمتری دارند، گونه غالب بوده و عملکرد آن کمتر تحت تأثیر گیاه همرا قرار می‌گیرد. از آنجایی که گیاهان همراه با ذرت، توان رقابتی برای نور و دیگر منابع را ندارند عملکرد ذرت نسبت به تک کشتی افزایش می‌یابد. همچنین می‌توان اظهار داشت که گونه‌های مختلف گیاهان با خصوصیات مرفولوژی و فیزیولوژی متفاوت چنانچه در مجاورت یکدیگر کشت شوند، قادر خواهند بود که از عوامل محیطی استفاده بهینه بنمایند، از نظر رقابت چنین استنباط می‌شود که گونه‌های مختلف گیاهی در مجاورت یکدیگر برای جذب عنصر بخصوصی و آب 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 نمی-نمایند 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 چشم بلبلی به عنوان یکی از اجزائ ترکیب شونده در کشت مخلوط با ذرت و باکتری ریزوبیوم می‌توان به تثبیت

بیولوژیک نیتروژن و افزایش جذب فسفر که از عناصر پر مصرف گیاه بوده و کمبـود آن عامـل محـدود کننده رشد محصولات زراعی می‌باشد استفاده نمود و با کاهش هزینه‌های تولید کمیت و کیفیت ذرت را در کشت مخلوط افزایش داد.

۴-۱۴ عملکرد بیولوژیک ذرت

نتایج جدول تجزیه واریانس صفات نشان داد که بین تیمارهای مختلف از نظر عملکـرد بیولوژیـک ذرت اختلاف معنی داری در سطح آماری ۰/۰۵ وجود دارد (جدول ضمیمه ۳). نتایج مقایسه میانگین صفات نشان داد که بیشترین عملکرد بیولوژیک با میـانگین‌هـای۱۴۳۱۱، ۱۲۷۸۶ و ۱۲۴۸۱ کیلـوگرم در هکتار به ترتیب متعلق به تیمارهای کشت خالص به همراه قارچ میکوریزا، کشـت مخلـوط و کشـت مخلوط به همراه باکتری بود که هر سه تیمار اخـتلاف معنـی داری را نشـان ندادنـد و در یـک سـطح آماری قرار گرفته‌انـد. کمتـرین آن بـا میـانگین‌هـای ۸۸۵۳ و ۹۲۱۴ کیلـوگرم در هکتـار مربـوط بـه تیمارهای کشت مخلوط به همراه قارچ میکوریزا و کشت مخلوط توأم با بـاکتری مزوریزوبیـوم و قـارچ میکوریزا بود (شکل۴-۱۲). تحقیقات قبلی نتایج این تحقیق را تأیید می‌کنـد بطـوری کـه در ارزیـابی کشت مخلوط ذرت با لوبیا چشم بلبلی بیشترین عملکرد بیولوژیک از کشت خـالص ذرت بدسـت آمـد (سرلک و همکاران، ۱۳۸۹). در پژوهش‌هایی که روی ذرت انجام شد، نتایج نشان داد که تلقیح با قارچ میکوریزا موجب افزایش معنی‌دار وزن خشک کل اندام هوایی نسبت به تیمار شاهد شد (ثمـر بخـش و همکاران، ۲۰۰۹; علی زاده و همکاران، ۲۰۱۱).



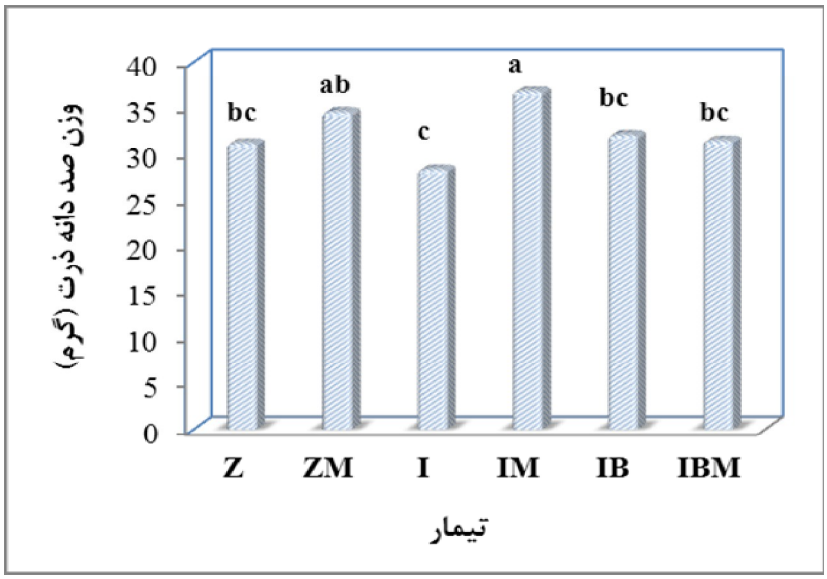
شکل۴-۱۲- تأثیر تیمارهای کشت خالص و مخلوط بر عملکرد بیولوژیک ذرت

تیمارها: کشت خالص ذرت Z، کشت خالص ذرت و قارچ میکوریزا ZM، کشت مخلوط ذرت I ، کشت مخلوط ذرت و قارچ میکوریزا IM، کشت مخلوط ذرت و باکتری مزوریزوبیوم IB، کشت مخلوط ذرت و قارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم IBM

قارچ‌های میکوریزا پس از همزیست شدن با گیاهان میزبان بر جنبه‌های مختلف فیزیولوژی 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 میکوریزا تلقیح می‌شوند این است که موجب افزایش فتوسنتز در گیاه میزبان می‌شوند. برخی از محققین افزایش در سرعت فتوسنتز گیاهان میکوریزایی شده را گزارش کردند (والتین و همکاران، ۲۰۰۶). عده‌ای از محققین معتقدندکه میکوریزا باعث افزایش سرعت فتوسنتز در واحد سطح برگ گیاه میزبان می‌شود و دلیل این امر را افزایش غلظت نیتروژن برگ به تبع آن افزایش مقدار کلروفیل سیستم فتوسنتزی، افزایش راندمان فسفر فتوسنتزی، افزایش فعالیت آنزیم چون نیترات ریداکتاز، نیتروژناز و گلوتامین سینتتاز در گیاه میزبان می‌دانند (استردا- لونا و دیویس،۲۰۰۳).

۴-۱۵ وزن صد دانه ذرت

وزن صد دانه یکی از مؤلفه‌های تعیین کننده عملکرد گیاهان محسوب می‌شود و اندازه دانه در واقع قابلیت ذخیره سازی دانه را مشخص می‌کند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که از نظر وزن صد دانه ذرت تیمارهای مختلف تفاوت معنی داری در سطح ۰/۰۵ با یکدیگر داشتند (جدول ضمیمه ۳). نتایج مقایسه میانگین صفات نشان داد که بیشترین وزن صد دانه ذرت با میانگین۳۶/۸ گرم متعلق به تیمار کشت مخلوط به همراه قارچ میکوریزا و کمترین وزن صد دانه ذرت با میانگین ۲۸/۳ گرم مربوط به تیمار کشت مخلوط بود (شکل ۴-۱۳). در تأیید نتایج این تحقیق پژوهشی که روی ذرت انجام شد، نتایج نشان داد که تلقیح با قارچ میکوریزا موجب افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه ذرت نسبت به تیمار شاهد شد (ثمر بخش و همکاران، ۲۰۰۹).



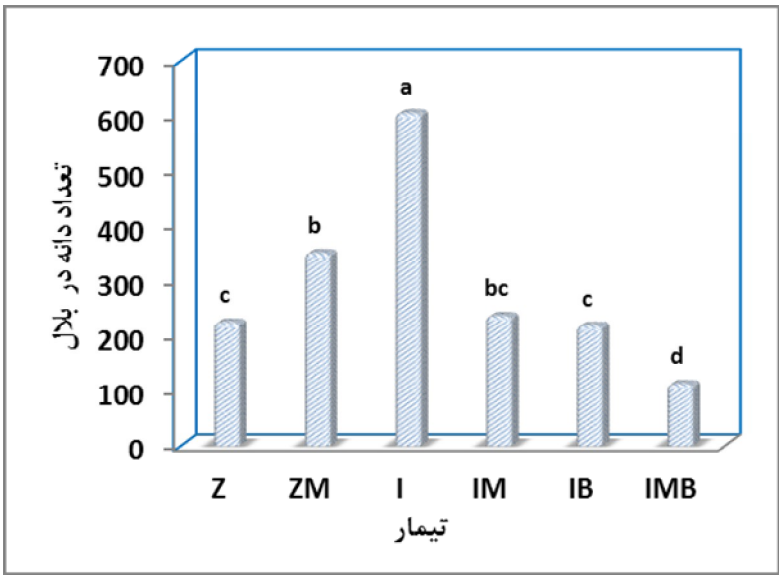
شکل۴-۱۳- تأثیر تیمارهای کشت خالص و مخلوط بر وزن صد دانه ذرت

تیمارها: کشت خالص ذرت Z، کشت خالص ذرت و قارچ میکوریزا ZM، کشت مخلوط ذرت I، کشت مخلوط ذرت و قارچ میکوریزا IM، کشت مخلوط ذرت و باکتری مزوریزوبیوم IB، کشت مخلوط ذرت و قارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم IBM

در یک بررسی بر روی گیاه ذرت و آفتابگردان نشان داده شد کـه کلونیزاسـیون میکـوریزائی بـه طـور معنی‌داری وزن هزار دانه را در مقایسـه بـا گیاهـان غیـر میکـوریزی افـزایش داد (سـعید و همکـاران، ۲۰۱۰). در مرحله پر شدن دانه کربوهیدرات لازم برای پر کردن دانه از فتوسنتز جاری و انتقال ذخـایر موقتی ساقه و برگ‌ها، چوب بلال و غلاف تأمین می‌شود. در کشت مخلوط به دلیل تراکم زیاد، گیاه به عوامل محیطی (نور، حرارت و رطوبت) کمتری دسترسی دارد و در نهایت مواد فتوسـنتزی کمتـری را به دانه منتقل می‌سازد و در نتیجه باعث کاهش وزن صد دانه می‌شود. به نظر می‌رسد استفاده از قـارچ میکوریزا در کشت مخلوط به دلیل تغییراتی که در مرفولوژی گیاه میزبـان ایجـاد مـی‌نمایـد سـرانجام باعث رشد مناسب تر گیاه می‌شود و در نهایت وزن صد دانه را افزایش می‌دهد. هنگامی که گیاهان بـا میکوریزا ارتباط برقرار می‌کنند، در غلظت ترکیبات تنظیم کننـده رشـد ماننـد اکسـین، سـیتوکنین و جیبرلین تغییراتی به وقوع می‌پیوندد و سرعت فتوسنتز افزایش یافته و تخصصیص مواد فتوسنتزی بـه ریشه و اندام‌های هوایی ازجمله دانه تغییر پیدا می‌کند (جز و همکاران، ۲۰۰۵). همچنـین در گیاهـان میکوریزایی به دلیل افزایش فتوسنتز و تولید بیشتر مواد فتوسنتزی به ازای واحد آب مصرفی، کـارایی مصرف آب افزایش می یابد و همین امر موجب ذخیره شدن مواد غذایی مخصوصاً ذخیـره نشاسـته در بذر ذرت شده و همین امر موجب بالا رفتن وزن صد دانه در ذرت می‌شود.

۴ -۱۶ تعداد دانه در بلال

براساس نتایج جدول تجزیه واریانس بین تیمارهای مختلف از نظر تعـداد دانـه در بـلال از لحـاظ آماری اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد وجود دارد (جدول ضمیمه ۳). نتایج مقایسـه میـانگین صفات نشان داد که بیشترین تعداد دانه در بلال با میانگین ۶۰۴ دانه مربوط به تیمار کشت مخلـوط و کمترین تعداد دانه با میانگین ۱۱۲ دانه متعلق به تیمار کشت مخلوط توأم با قارچ میکوریزا و بـاکتری مزوریزوبیوم بود (شکل۴-۱۴).



شکل۴-۱۴- تأثیر تیمارهای کشت خالص و مخلوط بر تعداد دانه در بلال ذرت

تیمارها: کشت خالص ذرت Z، کشت خالص ذرت و قارچ میکوریزا ZM، کشت مخلوط ذرت I ،کشت مخلوط ذرت و قارچ میکوریزا IM، کشت مخلوط ذرت و باکتری مزوریزوبیوم IB ، کشت مخلوط ذرت و قارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم IMB

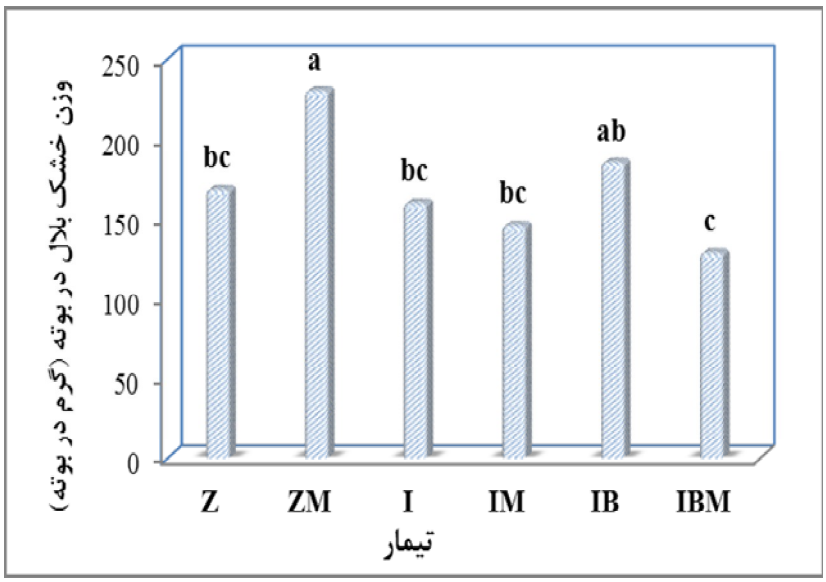
در پژوهشی با بررسی کشت خالص و مخلوط بادام زمینی و ذرت مشخص شد که حداکثر تعداد دانه در بلال ذرت از کشت مخلوط بدست آمده است (احمدی و همکاران، ۲۰۰۸).

بنابراین می‌توان گفت که هم جواری یک گونه C_3 (لوبیا چشم بلبلی) و یک گونه C_4 (ذرت) در بخش قابل توجهی از دوران رشد این گیاهان نه تنها باعث تشدید رقابت نشده است بلکه با ایجاد مکانیسم مساعدت، سودمندی کل زراعت مخلوط از جمله تعداد دانه در بلال را افزایش داده‌اند. یکی از راه‌هایی که باکتری بر رشد و نمو گیاه گندم اثر می‌گذارد سنتز ایندول استیک اسید (IAA) می‌باشد (اعتصامی و همکاران، ۲۰۰۹). با افزایش میزان هورمون اکسین توسط تلقیح باکتری مزوریزوبیوم و قارچ میکوریزا در محیط ریشه باعث افزایش رشد ریشه‌های نابجا توسط ذرت می‌شود و انتقال مواد فتوسنتزی به ریشه گیاه افزایش می‌یابد و در نتیجه آن تعداد گل‌های بارور در بلال، تعداد دانه و وزن هزار دانه گیاه کاهش می‌یابد. برخی مطالعات حاکی از وجود رقابت بین این دو میکروارگانیسم (میکوریزا و باکتری) بر سر تصاحب جایگاه‌های استقرار همزیستی در ریشه گیاهان لگوم بوده و شماری

دیگر عدم رقابت برای تصاحب این مکانها را گزارش نموده‌اند (گیری و همکاران، ۲۰۰۴). هرچند الگوی پاسخگویی به وضوح روشن نشده است. در برخی موارد اشاره به روابط مثبت، در برخی به روابط منفی (کاسوتا و همکاران، ۲۰۰۳) و در سایر مطالعات به عدم اثر متقابل بین میکروارگانیسم ها و قارچها اشاره گردیده است (گیری و همکاران، ۲۰۰۴).

۴-۱۷ وزن خشک بلال

نتایج جدول تجزیه واریانس صفات نشان داد که بین تیمارهای مختلف از نظر وزن خشک بلال ذرت اختلاف معنی داری در سطح آماری پنج درصد وجود دارد (جدول ضمیمه ۳). نتایج مقایسه میانگین صفات نشان داده شد 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 (شکل ۴-۱۵).



شکل ۴ ۱۵- تأثیر تیمارهای کشت خالص و مخلوط بر وزن خشک بلال ذرت

تیمارها: کشت خالص ذرت Z، کشت خالص ذرت و قارچ میکوریزا ZM، کشت مخلوط ذرت I ،کشت مخلوط ذرت و قارچ میکوریزا IM، کشت مخلوط ذرت و باکتری مزوریزوبیوم IB، کشت مخلوط ذرت و قارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم IBM

در یک بررسی بر گیاه ذرت نشان داد که تلقیح با قارچ میکوریزا به طور معنی داری وزن خشک بلال را افزایش می‌دهد (ثمر بخش و همکاران، ۲۰۰۹). در یک بررسی دیگر بر گیاه ذرت نشان داده شد که کلونیزاسیون میکوریزا به طور معنی‌داری وزن خشک بلال را در مقایسه با گیاهان غیر میکوریزی افزایش می‌دهد (سعید و همکاران، ۲۰۱۱).

در ذرت همانند بسیاری از گونه‌های زراعی، ساکارز یکی از اشکال انتقالی اولیه کربن است ورود و استفاده از کربوهیدرات محلول همراه با اسیدهای آمینه به عنوان یک منبع نیتروژن احیاء 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.

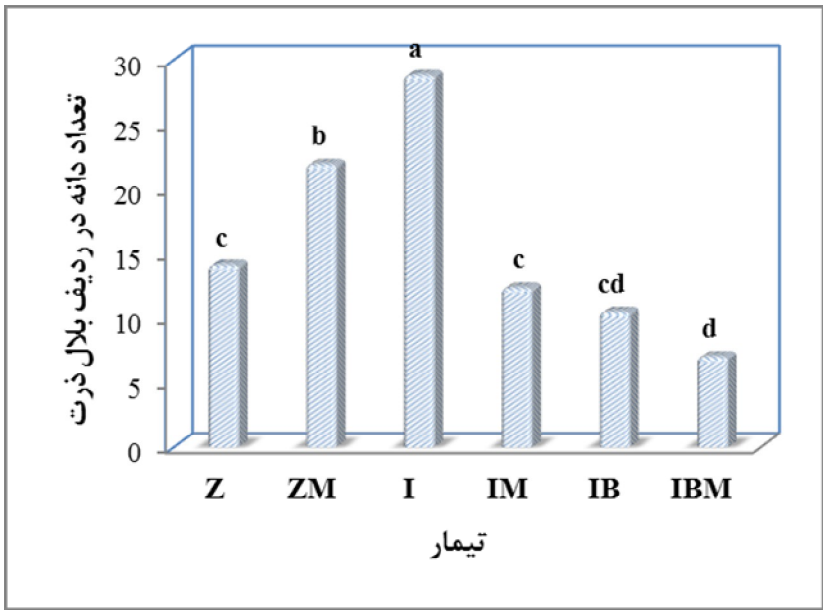
۴ -۱۸ تعداد ردیف در بلال ذرت

مطابق نتایج جدول تجزیه واریانس بین تیمارهای مختلف از نظر تعداد ردیف در بلال ذرت اختلاف معنی داری وجود نداشت (جدول ضمیمه ۳). در پژوهشی با بررسی کشت خالص و مخلوط بادام زمینی و ذرت ملاحظه کردند که صفت تعداد ردیف در بلال ذرت اختلاف معنی داری بین تیمارها وجود نداشت (احمدی و همکاران، ۲۰۰۸). 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 معنی داری ایجاد نکرده است.

۴ -۱۹تعداد دانه در ردیف بلال

مطابق جدول تجزیه واریانس بین تیمارهای مختلف از نظر تعداد دانه در ردیف بلال ذرت اختلاف معنی داری در سطح ۰/۰۱ وجود دارد (جدول ضمیمه ۳). مقایسه میانگین تعداد دانه در ردیف بلال

درتیمارها نشان داد که تیمار کشت مخلوط (۲۹ دانه در ردیف بلال) بیشترین تعداد دانه در ردیف بلال را دارا بود و تلقیح با قارچ و باکتری تاثیر مثبتی بر این صفت نداشت(شکل ۴-۱۶).



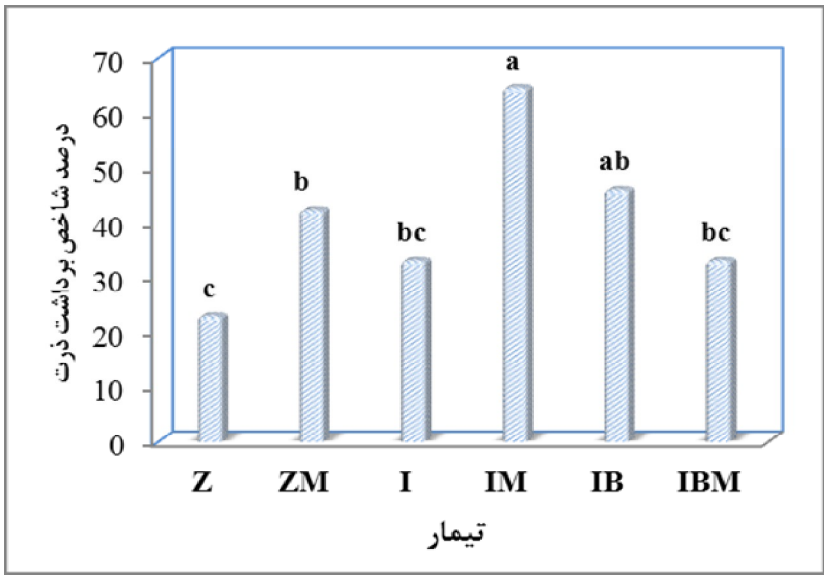
شکل۴-۱۶- تآثیر تیمارهای کشت خالص و مخلوط بر تعداد دانه در ردیف ذرت

تیمارها: کشت خالص ذرت Z، کشت خالص ذرت و قارچ میکوریزا ZM، کشت مخلوط ذرت I،کشت مخلوط ذرت و قارچ میکوریزا IM، کشت مخلوط ذرت و باکتری مزوریزوبیوم IB، کشت مخلوط ذرت و قارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم IBM

در پژوهشی با بررسی‌های کشت خالص و مخلوط بادام زمینی و ذرت ملاحظه کردند که حداکثر تعداد دانه در ردیف ذرت از کشت مخلوط بدست آمد (احمدی و همکاران، ۲۰۰۸). در آزمایشی روی کشت مخلوط ذرت و لوبیا، ذرت گیاه غالب بوده و لوبیا توان رقابت با ذرت را برای برخی منابع مثل نور را ندارد (رضوان بیدختی، ۱۳۸۳). 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.

۴-۲۰ شاخص برداشت ذرت

بر اساس نتایج تجزیه واریانس شاخص برداشت ذرت بین تیمارهای مختلف تفاوت معنی داری در سطح آماری پنج درصد نشان داد (جدول ضمیمه ۴). با توجه به نتایج مقایسات میانگین صفات بیشترین شاخص برداشت ذرت با میانگین ۶۴/۵۳ درصد مربوط به تیمار کشت مخلوط به همرا قارچ میکوریزا و کمترین شاخص برداشت ذرت با میانگین۲۲/۹۱ درصد متعلق به تیمار کشت خالص ذرت بود (شکل ۴-۱۷).



شکل۴-۱۷- تأثیر تیمارهای کشت خالص و مخلوط بر شاخص برداشت ذرت

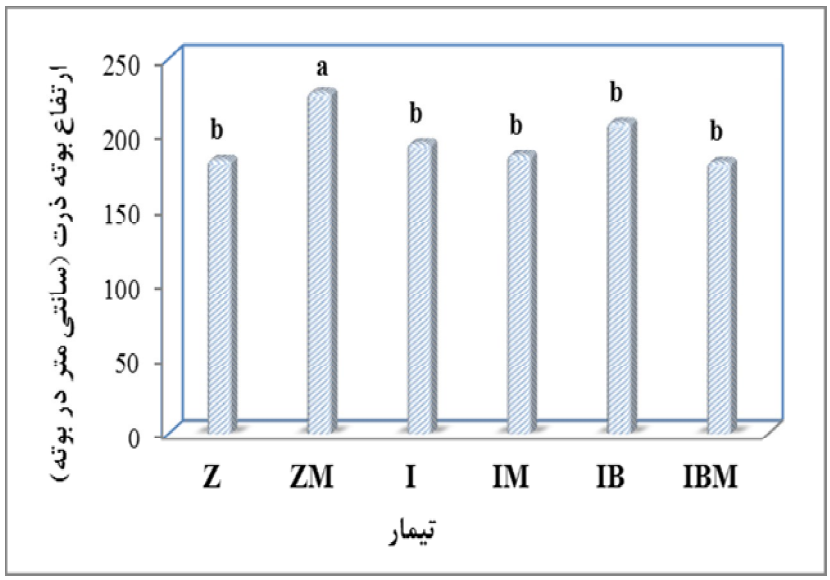
تیمارها: کشت خالص ذرت Z، کشت خالص ذرت و قارچ میکوریزا ZM، کشت مخلوط ذرت I،کشت مخلوط ذرت و قارچ میکوریزا IM، کشت مخلوط ذرت و باکتری مزوریزوبیوم IB، کشت مخلوط ذرت و قارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم IBM

در بررسی بر روی گلرنگ مشاهده شد که بیشترین شاخص برداشت گلرنگ از تیمار تلقیح با قارچ میکوریزا بدست آمد (میرزا خانی و همکاران، ۲۰۰۹). از آنجای که ذرت یک گیاه نیتروژن دوست است، بنابراین لوبیا از طریق تثبیت بیولوژیک نیتروژن باعث فراهمی بهتر این عنصر غذایی شده و از

این طریق منجر به بهبود شاخص برداشت ذرت در مقایسه با کشت خالص شده است. همچنین به نظر می‌رسد که میکوریزا سرعت جذب نیتروژن تثبیت شده به وسیله لوبیا را در کشت مخلوط افزایش داده است که در نتیجه آن عملکرد و عملکرد بیولوژیک افزایش یافته است. بالاتر بودن شاخص برداشت در کشت مخلوط نشان می‌دهد که تخصیص مواد فتوسنتزی بین مخزن‌های اقتصادی نسبت به سایر مخازن‌های موجود در گیاه بیشتر بوده است لذا در این سیستم عملکرد بیشتر شده است پس می‌توان نتیجه گرفت که اختلاف در شاخص برداشت مربوط به تفاوت در اجزای عملکرد ذرت از جمله وزن هزار دانه و تعداد دانه در ردیف در کشت مخلوط نسبت به کشت خالص است این نشان از برتری این نوع سیستم کشت نسبت به کشت خالص است.

۴-۲۱ ارتفاع بوته ذرت

مطابق نتایج جدول تجزیه واریانس بین تیمارهای مختلف از نظر ارتفاع ذرت اختلاف معنی داری در سطح پنج درصد وجود داشت (جدول ضمیمه ۴). نتایج جدول مقایسه میانگین (جدول ضمیمه۱۰) صفات نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته با میانگین ۲۲۷/۱۳ سانتی‌متر در بوته مربوط به تیمار کشت خالص ذرت به همراه قارچ بوده است همچنین از لحاظ آماری سایر تیمارها کمترین میزان ارتفاع بوته را دارا می باشند که همه آنها در یک سطح آماری قرار داشتند. با توجه به شکل (۴-۱۸) کمترین مقدار ارتفاع بوته با میانگین۱۱۳/۶۷ سانتی‌متر در بوته متعلق به تیمار کشت مخلوط توأم با باکتری مزوریزوبیوم و قارچ میکوریزا بود.



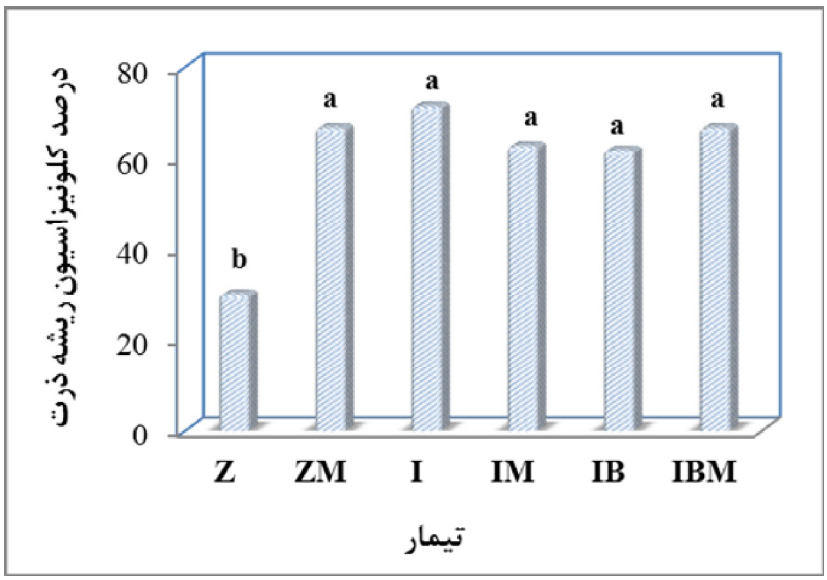
شکل۴-۱۸- تاثیر تیمارهای کشت خالص و مخلوط بر ارتفاع بوته ذرت

تیمارها: کشت خالص ذرت Z، کشت خالص ذرت و قارچ میکوریزا ZM، کشت مخلوط ذرت I،کشت مخلوط ذرت و قارچ میکوریزا IM، کشت مخلوط ذرت و باکتری مزوریزوبیوم IB، کشت مخلوط ذرت و قارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم IBM

در بررسی بر روی گیاه ذرت نشان داده شد که کلونیزاسیون میکوریزایی بـه طـور معنـی داری ارتفـاع گیاه ذرت را افزایش می‌دهد (روتور و همکاران،۲۰۱۰). افزایش فسفر جذب شده توسط قارچ میکـوریزا باعث تولید ساقه‌های محکم و همچنین موجب افزایش ارتفاع در گیاه می‌شود ولی در کشـت مخلـوط به نظر می‌رسد رقابت بین گونه‌ی گیاهی برای جذب مواد غذایی افزایش پیدا کرده است و همـین امـر بر ارتفاع گیاه اثر گذاشته و موجب کاهش آن در تیمارهای کشت مخلوط شده است. در تفسیر نتیجـه کاهش ارتفاع در تیمار کشت مخلوط توأم با قـارچ میکـوریزا و بـاکتری ریزوبیـوم مـی‌تـوان بـه تولیـد هورمون اکسین توسط باکتری ریزوبیوم و قارچ میکوریزا در محیط ریشه اشاره کرد. با افـزایش میـزان هورمون اکسین در محیط ریشه باعث افزایش رشد ریشه‌های نابجا توسط ذرت می‌شود و انتقـال مـواد فتوسنتزی به ریشه گیاه افزایش می‌یابد و در نتیجه آن ارتفاع گیاه کاهش می‌یابد. در یک بررسـی بـر گیاه ذرت نشان داد که کلونیزاسیون میکوریزای به طور معنی‌داری ارتفاع گیاه را در مقایسه با گیاهـان غیر میکوریزی افزایش داد (سعید و همکاران، ۲۰۱۱).

۴-۲۲ درصد کلونیزاسیون ریشه ذرت

با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس بین تیمارهای مختلف درصد کلونیزاسیون ریشه ذرت اختلاف معنی‌داری در سطح آماری یک درصد وجود داشت (جدول ضمیمه ۴) . میزان آلودگی ریشه ذرت با قارچ میکوریزا در نمودار ۴-۱۹ نشان داده شده است. درصد آلودگی ریشه با قارچ (*Glomus mossea*) برای گیاهان لوبیا تلقیح شده بین ۳۰ تا ۷۱ درصد متغییر بود. از لحاظ آماری تیمارهای کشت خالص ذرت به همراه قارچ میکوریزا، کشت مخلوط، کشت مخلوط ذرت به همراه قارچ ،کشت مخلوط به همراه باکتری و کشت مخلوط توأم با باکتری مزوریزوبیوم و قارچ میکوریزا بیشترین میزان درصد کلونیزاسیون ریشه را دارا می باشند که همه تیمارها در یک سطح آماری قرار داشتند. در این پژوهش نتایج مقایسه میانگین صفات نشان می‌دهد که بیشترین درصد کلونیزاسیون ریشه ذرت با میانگین در۷۱/۳۳ درصد تیمارکشت مخلوط و کمترین درصد کلونیزاسیون ریشه ذرت با میانگین ۳۰ درصد متعلق به تیمار کشت خالص ذرت بود.



شکل۴-۱۹ تاثیر تیمارهای کشت خالص و مخلوط بر درصد کلونیزاسیون ریشه ذرت

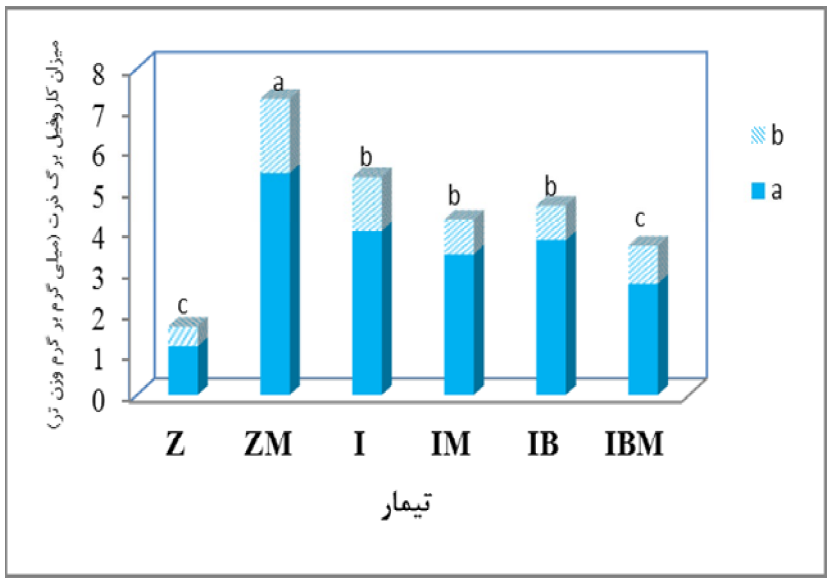
تیمارها: کشت خالص ذرت Z، کشت خالص ذرت و قارچ میکوریزا ZM، کشت مخلوط ذرت I،کشت مخلوط ذرت و قارچ میکوریزا IM، کشت مخلوط ذرت و باکتری مزوریزوبیوم IB، کشت مخلوط ذرت و قارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم IBM

درصد کلونیزاسیون بالا در میکوریزا به شرایط همزیستی از جمله گیاهـان میزبـان و گونـه‌هـای قـارچ میکوریزا بستگی دارد. وجود همزیستی میکوریزا با درصدهای پایین در گونه‌های مختلف گیاهی از یک طرف و مشاهده افزایش رشد گیاهان میزبان از طـرف دیگـر سـوالات متعـددی در مـورد تـأثیر نقـش کلونیزاسیون قارچی (و تشکیل ساختارهای میکوریزی شبیه آرباسکولار در ریشه) را در افـزایش رشـد گیاه به وجود می‌آورد (اصغری و عامریـان، ۱۳۸۸). افـزایش رشـد گیـاه *Atriplex nummulari*a بـا ۲ درصد کلونیزاسیون میکوریزا و گیاهان *Seidlitzia rosmarin* و *Salsoala Sp* بـا کمتـر از ۵ درصـد (اصغری و عامریان، ۱۳۸۸) می‌تواند مؤید این نکته باشد که میزان کلونیزاسیون میکوریزا تنهـا فـاکتور تعیین کننده در نقش قارچ میکوریزا و افزایش رشد گیاهان نیست. به نظر می‌رسد در کشـت مخلـوط چون لگوم با غلات کشت شده‌اند در نتیجه رشد ریشه‌ی غلات (ذرت) تـأثیر داشـته و موجـب تثبیـت نیتروژن و در اختیار قرار گرفتن آن در ریشه ذرت بوده به همین دلیل ریشه گیاه ذرت رشد بهتـری را نسبت به زمانی که به صورت خالص کشت شده است دارا می‌باشد و کلونیزاسیون آن نیـز شـاهد ایـن امر بوده است و این برتری کشت لگوم با غلات را نسبت به کشت خالص آن ثابت مـی‌کنـد. از آنجـائی که ریشه‌ها اسیدهای آمینه و قندها را به بیرون تراوش می‌کنند، باکتری و قـارچهـا در نزدیـک سـطح ریشه ها تجمع کرده تا از این مواد مترشحه به عنوان منبع غذایی استفاده کنند و هرچـه تعـداد گونـه گیاهی در یک مکان بیشتر باشد مقدار این ترشحات در رایزوسفر افزایش می‌یابد و در نهایـت تعـداد و تنوع میکروارگانیسم‌ها از جمله قارچ میکوریزا در خاک افزایش می‌یابد و باعـث افـزایش کلونیزاسـیون ریشه می‌شود.

۴-۲۳ میزان کلروفیل کل، کلروفیل a و کلروفیل b برگ ذرت

نتایج تجزیه واریانس صفات نشان داد کـه اخـتلاف بـین تیمارهـای مختلـف از نظـر میـزان کلروفیـل a,کلروفیل b و کلروفیل کل در هر بوته ذرت در سطح یک درصد معنی دار بـود (جـدول ضـمیمه ۴). نتایج مقایسه میانگین صفات نشان داد که بیشترین میزان کلروفیل کل با میانگین ۷/۲۶ میلـی گـرم

بر گرم وزن تر مربوط به تیمار کشت خالص به همراه قارچ میکوریزا و کمترین میزان با میـانگین‌هـای ۲/۳۹ و ۳/۲۹ میلی گرم بر گرم وزن تر به ترتیب مربوط به تیمار کشت خالص ذرت و کشـت مخلـوط به همراه باکتری مزوریزوبیوم و قارچ میکوریزا بود. از نظر میزان کلروفیل a بیشترین میزان کلروفیـل a با میانگین ۵/۴۳ میلی گرم بر گرم وزن تر مربوط به تیمار کشت خالص به همـراه قـارچ میکـوریزا بـه میزان و کمترین میزان آن با میانگین ۱/۹۱ میلی گرم بر گرم وزن تر متعلق بـه تیمـار کشـت خـالص ذرت بود. نتایج مقایسه میانگین نشان داد بیشترین و کمترین میزان کلروفیـل b بـا میـانگین۱/۸۲ و ۰/۴۸ میلی گرم بر گرم وزن تر به ترتیب مربوط بـه تیمارهـای کشـت خـالص ذرت بـه همـراه قـارچ میکوریزا و کشت خالص ذرت بود (شکل ۴-۲۰).



شکل۴-۲۰ تأثیر تیمارهای کشت خالص و مخلوط بر کلروفیلa، کلروفیل b و کلروفیل کل برگ ذرت

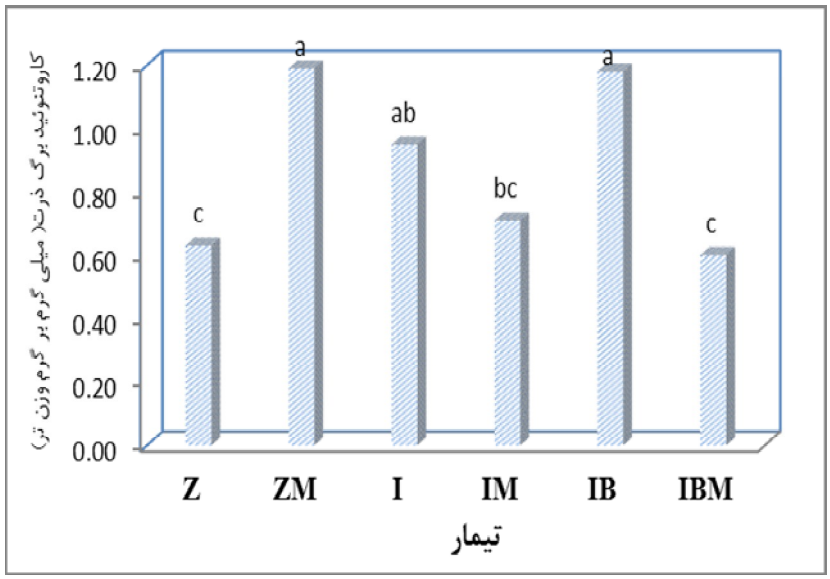
تیمارها: کشت خالص ذرت Z، کشت خالص ذرت و قارچ میکوریزا ZM، کشت مخلوط ذرت I ،کشت مخلوط ذرت و قارچ میکوریزا IM، کشت مخلوط ذرت و باکتری مزوریزوبیوم IB ، کشت مخلوط ذرت و قارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم IBM

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 (استرا و دویس، ۲۰۰۳). صالح و همکاران (۲۰۰۶) نیز گزارش کردند گیاهان تلقیح شده با میکوریزا در مقایسه با گیاهان شاهد دارای کلروفیل a و کلروفیل b برگ بیشتری بودند قارچ‌های میکوریزا پس از همزیست شدن با گیاهان میزبان بر جنبه‌های مختلف فیزیولوژی و بیوشیمیائی گیاه تأثیر می‌گذارند و موجب رشد و بهبود آن می‌شوند که یکی از این فرآیندها فتوسنتز و افزایش کلروفیل در برگ می‌باشد. 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 فتوسنتزی، افزایش فعالیت آنزیم-هایی چون نیترات ریداکتاز، نیتروژناز و گلوتامین سنتتاز در گیاهان میزبان عنوان نموده‌اند (ریان و همکاران، ۲۰۰۲؛ بریتو و همکاران، ۲۰۰۸).

۴-۲۴ میزان کاروتنوئید برگ ذرت

براساس نتایج تجزیه واریانس اختلاف بین تیمارهای مختلف از نظر میزان کاروتنوئید برگ در هر بوته ذرت در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ضمیمه ۴). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین میزان کاروتنوئید با میانگین‌های ۱/۱۹ و ۱/۱۸ میلی گرم بر گرم وزن تر مربوط به تیمار کشت خالص ذرت به همراه قارچ میکوریزا و کشت مخلوط به همراه باکتری مزوریزوبیوم بود که بین این دو تیمار از لحاظ آماری اختلاف معنی داری وجود نداشت و کمترین آن با میانگین ۰/۶ و ۰/۶۳میلی گرم بر گرم وزن تر به ترتیب متعلق به تیمار کشت مخلوط ذرت به همراه باکتری مزوریزوبیوم و قارچ میکوریزا بود که هر دو تیمار از لحاظ آماری در یک سطح قرار داشته اند (شکل ۴-۲۱). در یک بررسی بر روی گیاه ذرت نشان داد شد که کلونیزاسیون میکوریزا به طور معنی داری

در میزان کاروتنوئید برگ ذرت را در مقایسه با گیاهان غیر میکوریزی افزایش داد (صالح و همکاران، ۲۰۰۶).

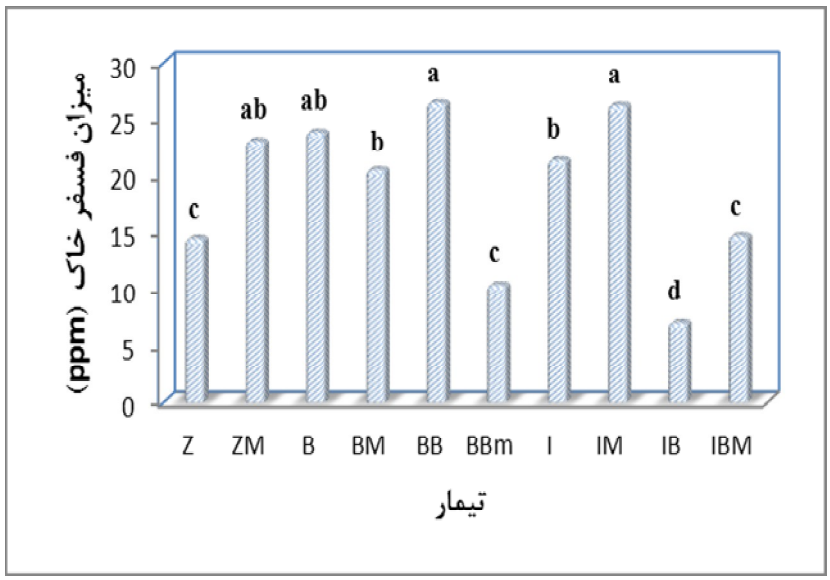


شکل۴-۲۱- تأثیر تیمارهای کشت خالص و مخلوط بر محتوی کاروتنوئید برگ ذرت

تیمارها: کشت خالص ذرت Z، کشت خالص ذرت و قارچ میکوریزا ZM، کشت مخلوط ذرت I ،کشت مخلوط ذرت و قارچ میکوریزا IM، کشت مخلوط ذرت و باکتری مزوریزوبیوم IB ، کشت مخلوط ذرت و قارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم IBM

۴ - ۲۵ فسفر خاک

با توجه به جدول تجزیه واریانس ضمیمه ۵ بین تیمارهای مختلف از نظر میزان فسفر خاک اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد وجود داشت. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که بیشترین فسفر خاک در تیمار کشت خالص لوبیا به همراه باکتری ریزوبیوم (۲۰/۴۲ ppm) و کشت مخلوط به همراه قارچ میکوریزا (۲۰/۲۱ ppm) مشاهده شد و در تیمار کشت مخلوط به همراه باکتری (۷ ppm) کمترین مقدار فسفر خاک مشاهده شد (شکل ۴-۲۲).



شکل۴ ۲۲- تاثیر تیمارهای کشت خالص و مخلوط بر محتوی فسفر خاک

تیمارها: کشت خالص ذرت Z، کشت خالص ذرت و قارچ میکوریزا ZM، کشت خالص لوبیا B، کشت خالص لوبیا و قارچ میکوریزاBM، کشت خالص لوبیا و باکتری مزوریزوبیوم BB، کشت خالص لوبیا و قارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم BBM،کشت مخلوط I ،کشت مخلوط و قارچ میکوریزا IM، کشت مخلوط و باکتری مزوریزوبیوم IB ، کشت مخلوط و قارچ میکوریزاو باکتری مزوریزوبیوم IBM

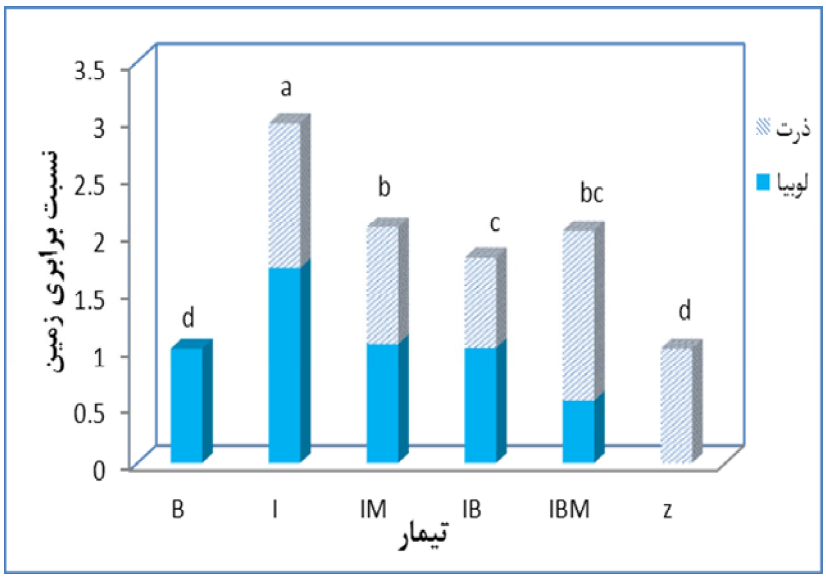
در این راستا می‌توان بیان کرد باکتری ریزوبیوم توسط مکانیسم‌های مختلفی، فسفات معدنی نامحلول و فسفات آلی نا محلول در رایزوسفر را به فسفر قابل جذب گیاه تبدیل می‌کند از جمله این مکانیسم-ها می‌توان به تولید اسیدهای آلی از جمله اسید گلوکونیک اشاره کرد این اسیدهای آلی موجب اسیدی شدن محیط اطراف باکتری شده و در نتیجه فسفر عنصری می‌تواند در اثر جایگزینی یون H^+ با یون کلسیم در محیط آزاد شود. از دیگر مکانیسم‌ها می‌توان به توانایی باکتری‌های ریزوبیوم در تولید مقادیر قابل توجه آنزیم‌های فسفاتاز اشاره کرد. بنابراین باکتری‌های ریزوبیوم یک نقش دوگانه بسیار مهم در تأمین دو عنصر حیاتی، نیتروژن و فسفر ایفا می کنند. به نظر می‌رسد افزایش فسفر در تیمار کشت مخلوط به همراه قارچ میکوریزا به دلیل انحلال فسفر توسط هیف‌های قارچی است که با رها سازی اسیدهای آلی و آنزیم‌های فسفاتاز موجب انحلال فسفر خاک می‌گردند و به همین دلیل

میزان فسفر در خاک نسبت به تیمارهای دیگر افزایش یافته است و همچنین از دلایل کاهش فسفر در تیمار کشت مخلوط به همراه باکتری ریزوبیوم می‌توان به اختلافات فیزیولوژی و مرفولوژی بین دو گیاه اشاره کرد. وقتی دو گیاه با اختلافات فیزیولوژی و مرفولوژی متفاوت (از جمله خصوصیات ریشه) چنانچه در مجاورت یکدیگر کشت شوند قادر خواهند بود از عوامل محیطی (آب، مواد غذایی و نور خورشید) استفاده بهینه نمایند و به همین دلیل میزان تولید نسبت به تک کشتی افزایش می‌یابد و از دیگر دلایل آن می‌توان به تولید اکسین توسط باکتری اشاره کرد که سطح جذب عناصر از جمله فسفر را افزایش می‌دهد مقدار آن را در خاک کاهش می‌دهد. در یک تحقیق، جذب بیشتر عناصر غذایی درکشت مخلوط نتیجه اختلاف مورفولوژیک و فیزیولوژیک گونه‌های مختلف نسبت داده شد (کاروبا، ۲۰۰۸). تلقیح بذور با باکتری ریزوبیوم علاوه بر افزایش جذب مواد معدنی توسط گیاه در سنتز تنظیم کننده‌های رشد گیاهی از جمله اسید ایندول استیک اسید نقش موثرتری دارند (متیرو و همکاران،۲۰۰۴). اکسین باعث افزایش رشد ریشه های هر دو گیاه شده و سطح جذب ریشه را برای جذب فسفر، سایر عناصر و آب، افزایش می‌دهد و در نتیجه با افزایش جذب فسفر مقاومت گیاه به انواع تنش‌های محیطی و آفات و بیماری‌ها بیشتر شده و در نتیجه عملکرد گیاهان نیز افزایش می‌یابد ولی فسفر درون خاک کاهش می‌یابد.

۴-۲۶ نسبت برابری زمین

یکی از اهداف کشت مخلوط، کسب بازده اقتصادی بالا حتی هنگامی که کاهش عملکرد در محصول اولیه وجود دارد، می‌باشد بررسی‌های متعدد بیانگر بالا بودن بازده اقتصادی کشت مخلوط نسبت به کشت خالص بوده است که این افزایش بازده اقتصادی به صورت افزایش در بازده ناخالص و بازده خالص ذکر شده است (هاگرد و همکاران، ۲۰۰۱). نسبت برابری زمین LER مرسوم‌ترین و مهمترین شاخصی است که جهت ارزیابی کشت مخلوط بکار می‌رود این شاخص تحت عناوین نسبت برابری

زمین معمولی یا سطح معادل نیز می‌نامند. اولین بار توسط انسیتو بین المللی تحقیقات برنج تعریف شده است (کاروبا و همکاران، ۲۰۰۸). نتایج تجزیه واریانس (جدول ضمیمه ۵) نشان داد که اختلاف بین تیمارهای مختلف از نظر میزان نسبت برابری زمین معنی دار بود ($P<0.01$). میانگین نتایج به دست آمده نشان داد بیشترین میزان نسبت برابری زمین در تیمار کشت مخلوط بدست آمد و کمترین آن در کشت مخلوط همراه با باکتری بود.



شکل۴-۲۳- تاثیر تیمارهای کشت خالص و مخلوط بر نسبت برابری زمین

تیمارها: کشت خالص ذرت Z، کشت مخلوط I ،کشت مخلوط و قارچ میکوریزا IM، کشت مخلوط و باکتری مزوریزوبیوم IB ، کشت مخلوط و قارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم IBM

لذا به نظر می‌رسد که کشت همزمان ذرت و لوبیا چشم بلبلی در طرح افزایشی کشت مخلوط اثرات مثبتی بر افزایش عملکرد در واحد سطح داشته است. و نسبت برابری زمین برای تولید دانه در تمام تیمارها بیشتر از یک بود و استفاده از نیتروژن تثبیت شده بقولات توسط غلات عمدتاً به عنوان پتانسیل مفید کشت مخلوط غلات و بقولات مطرح می‌شود. جایگزین کردن الگوهای افزایشی به جای الگوی جایگزینی، روشی است که تاکنون بسیاری از محققین مناسب بودن آن را ثابت کرده‌اند

(جوانشیر و همکاران، ۱۳۷۹). در بررسی کشت مخلوط ذرت لوبیا چشم بلبلی بیشترین میزان LER در تیمار افزایشی ذرت و لوبیا چشم بلبلی مشاهده شد در این آزمایش در تمام تیمارها LER بیشتر از یک بود که نشان دهنده برتری کشت مخلوط نسبت به کشت خالص است (دهمرده و همکاران، ۲۰۱۰). کروگر و همکاران (۲۰۰۸) با تجزیه و تحلیل اقتصادی سیستم‌های کشت خالص و مخلوط جایگزینی و افزایشی ذرت، لوبیا و کدو مشاهده کردند که نسبت برابری زمین در کشت مخلوط جایگزینی ۱/۸۳ و در کشت مخلوط افزایشی ۱/۳۴ بود. در مقابل در مطالعه کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم بلبلی بیشترین میزان LER در تیمار افزایشی ذرت و لوبیا چشم بلبلی مشاهده شد در این آزمایش در تمام تیمارها LER بیشتر از یک بود که نشان دهنده برتری کشت مخلوط نسبت به کشت خالص است (قنبری و همکاران،۲۰۱۰) ابونگو و همکاران (۲۰۰۱) با بررسی چند تیمارکشت جایگزینی و یک تیمار افزایشی ذرت و سیب زمینی حداکثر نسبت برابری زمین را در تیمار افزایشی بدست آوردند. نتایج آزمایش نشان داد که کشت مخلوط در تمام تیمارها سبب افزایش نسبت برابری زمین LER و عملکرد شده است که با آزمایشات مطابقت دارد (جهانسوز، ۲۰۰۷).

نتیجه گیری

مقایسه میانگین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک هر دو گیاه و نسبت برابری زمین در کلیه تیمارهای مورد بررسی این تحقیق نشان داد که بیشترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک ذرت در تیمار کشت مخلوط با باکتری به ترتیب با عملکرد معادل ۵۷۵۱ و۱۲۴۸۱ کیلوگرم در هکتار و بیشترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک لوبیا چشم بلبلی در تیمار کشت خالص لوبیا به همراه باکتری به ترتیب با عملکرد معادل ۳۰۵۷/۵ و ۷۹۵۷/۸ کیلوگرم در هکتار بدست آمد. همچنین بیشترین وزن هزار دانه ذرت از کشت مخلوط به همراه قارچ میکوریزا و بیشترین وزن هزار دانه لوبیا از تیمار کشت خالص به همراه قارچ میکوریزا بدست آمد. بیشترین تعداد گره ریشه لوبیا و وزن گره و مقدار کارتنوئید برگ لوبیا در تیمار کشت مخلوط توأم با قارچ میکوریزا و باکتری ریزوبیوم مشاهده شد. در همه تیمارهای کشت مخلوط نسبت برابری زمین بیشتر از یک بود ولی سودمندی تیمار کشت مخلوط نسبت به بقیه تیمارها برتری داشت ولی سودمندی کشت مخلوط در این آزمایش مربوط به بالا بودن این شاخص در لوبیا بوده است. کشت مخلوط زمانی سودمند است که عملکرد دانه مخلوط نسبت به تک کشتی بیشتر باشد اضافه محصول بدست آمده را می‌توان به استفاده بهتر از منابع موجود توسط دو گیاه و اختلافات مورفولوژیک و فیزیولوژیک بین آنها و کمتر بودن علف هرز و آفات و بیماری‌ها در سیستم کشت مخلوط نسبت داد. بالاتر بودن نسبت برابری زمین بیشتر از یک در کشت مخلوط می‌تواند به دلیل تثبیت نیتروژن و جذب نیتروژن در کشت مخلوط نسبت داد وقتی دو گونه در مجاورت هم رشد می‌کنند هر دو گونه برای جذب آب و مواد غذایی رقابت می‌کنند . وجود گره-های تثبیت کننده نیتروژن به عنوان منبع تأمین نیتروژن در لوبیا چشم بلبلی فشار رقابتی را کاهش می‌دهد.

پیشنهادها

این تحقیق در یک سال زراعی و در یک مکان صورت گرفت و می‌تواند در شرایط دیگر، نتایج متفاوتی داشته باشد به این دلیل موارد زیر برای دست یافتن به نتایج تکمیلی و دقیق تری پیشنهاد می‌گردد:

۱. با توجه به معنی دار شدن نسبت برابری زمین در تمام ترکیب‌های کشت مخلوط این آزمایش برای حصول نتایج مطمئن تر و کسب نتایج بهتر آزمایشی به مدت چند سال متوالی می توان برای تحقیقات آینده نتایج بهتری را در بر داشته باشد .

۲. عکس‌العمل بیشتری از سیستم کشت مخلوط غلات با حبوبات نسبت به تلقیح با باکتری تثبیت کننده نیتروژن و قارچ میکوریزا مورد آزمون قرار گیرد.

۳. سایر جنبه‌های کشت مخلوط از جمله تأمین نیتروژن، فسفر و سایر عناصر مورد نیاز لگوم و گیاهان بعدی در تناوب مورد بررسی قرار گیرد.

۴. امکان کاشت و برداشت مکانیزه کشت مخلوط ذرت و لوبیا چشم بلبلی بررسی گردد

۵. مطالعات گسترده تر در مورد اثر تلقیح باکتری ریزوبیوم و قارچ میکوریزا بر روی دیگر گیاهان زراعی به ویژه غلات و حبوبات انجام شود.

۶. تحقیق بر روی خصوصیات فیزیولوژیکی باکتری ریزوبیوم و قارچ میکوریزا و تعیین ارتباط آنها با ویژگی‌های رشد گیاهان در سیستم کشت خالص و مخلوط گیاهان .

۷. بررسی اثر متقابل باکتری ریزوبیوم و قارچ میکوریزا در سیستم‌های کشت خالص و مخلوط برای شناسایی بهترین ترکیب.

فصل پنجم

ضمایم

جدول ضمیمه ۱ - میانگین مربعات برخی از خصوصیات لوبیا چشم بلبلی

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	وزن صد دانه	تعداد غلاف	تعداد دانه در غلاف	وزن خشک غلاف	شاخص برداشت
تکرار	۲	۳۱۱۳۵۳/۹۲	۷۲۹۷۷۸/۸۲	۵/۰۵	۳/۱۹۷	۰/۵۴	۴۰۷۱/۷۱	۸/۹۵
تیمار	۷	۵۶۷۵۰۰/۲۵**	۴۲۷۰۸۵۲/۳۲**	۱۰/۳**	۳/۱۹۹n.s	۳/۴۲n.s	۱۰۴۰۵۱/۵۵*	۶۴/۰۲**
خطا	۱۴	۶۲۱۲۷/۹۶	۳۳۷۱۷۲/۸۵	۱۹/۱۳	۱/۵	۱/۷۳	۳۲۶۴۷/۵۲	۱۰/۸۴
ضریب تغییرات (درصد)		۱۰/۷۴	۹/۲۲	۶/۲۶	۱۵/۶۲	۱۹/۷۴	۲۱/۹۸	۸/۵۷

n.s ، * ، ** به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح ۵% و ۱%

جدول ضمیمه ۲ - میانگین مربعات برخی از خصوصیات لوبیا چشم بلبلی

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد گره	کلونیزاسیون ریشه	کلروفیل کل برگ	کلروفیل **a** برگ	کلروفیل **b** برگ	کاروتنوئید برگ
تکرار	۲	۱۳۰/۷	۱۳/۵	۴۵/۱۶	۱/۳۲	۰/۴۸	۰/۲۸	۰/۰۱
تیمار	۷	۴۱۷/۵**	۴۷۰/۷۹**	۱۳۰۱/۱۴**	۷/۲۸**	۳/۸۱**	۰/۷۹**	۰/۰۶۹*
خطا	۱۴	۳۲/۰۵	۴۳/۷۱	۸۰/۷۸	۰/۴۴	۰/۲۵	۰/۱۳	۰/۰۱
ضریب تغییرات (درصد)		۷/۶	۲۹/۸۵	۱۴/۸۱	۹/۶۷	۱۲/۰۸	۱۴/۰۳	۱۵/۵۷

n.s ، * ، ** به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح ۵% و ۱%

جدول ضمیمه ۳ - میانگین مربعات برخی از خصوصیات ذرت

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	وزن صد دانه	تعداد دانه در بلال	وزن خشک بلال	تعداد ردیف	تعداد دانه در ردیف
تکرار	۲	۳۰۲۶۳۴۰/۷۴	۱۵۴۷۶۶۶/۵۰	۶۰۲	۴۱۰۶	۱۱۷۵/۸	۰/۰۰۹	۷/۹۷
تیمار	۵	۵۸۶۰۵۹۱/۹۱ *	۱۳۶۵۳۶۲۶/۱۱ *	۲۵/۹۵ *	۸۸۱۰۶ **	۳۷۲۹/۵ *	۱۹۵/۷۶ n.s	۱۹۵/۷۶ **
خطا	۱۰	۱۱۵۷۷۸۷/۴۱	۲۵۰۴۲۱۸/۲۱	۶/۶۲	۴۶۹۶/۹۴	۸۹۲/۲۱	۶/۵۸	۹۵/۸۳
ضریب تغییرات (درصد)		۲۳/۹۷	۱۳/۷	۷/۹۴	۲۳/۵	۱۷/۵۶	۱۶/۲۸	۱۶/۲۸

n.s ، * ، ** به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح ۵% و ۱%

جدول ضمیمه ۴ - میانگین مربعات برخی از خصوصیات ذرت

منابع تغییر	درجه آزادی	شاخص برداشت	ارتفاع بوته	کلونیزاسیون ریشه	کلروفیل **b**	کلروفیل **a**	کلروفیل کل	کارتنوئید
تکرار	۲	۱۷۶/۰۴	۱۴۸۷/۱۸	۸/۱۶	۰/۰۰۷	۰/۱۱	۰/۱۸	۰/۰۰۶
تیمار	۷	۶۱۸/۲۴ *	۹۸۵/۶۵ *	۶۷۶/۲۳ **	۰/۶۳ **	۴/۳۷ **	۸/۵ **	۰/۲۱ **
خطا	۱۴	۱۱۲/۶۲	۲۶۷/۴۹	۳۸/۳	۰/۰۱۹	۰/۱۹	۰/۲۹	۰/۰۱۸
ضریب تغییرات (درصد)		۲۶/۰۳	۸/۳۳	۱۰/۴۳	۱۳/۲۷	۱۲/۴۹	۱۱/۸۳	۱۵/۸۴

n.s ، * ، ** به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح ۵% و ۱%

جدول ضمیمه ۵ میانگین مربعات فسفر خاک و نسبت برابری زمین

منابع تغییر	درجه آزادی	فسفر خاک	نسبت برابری زمین
تکرار	۲	۰/۳۹	۰/۱۲
تیمار	۹	۱۳۷/۵۲**	۱۲/۰۹**
خطا	۱۸	۶/۵	۰/۰۱۸
ضریب تغییرات (درصد)		۱۳/۵۷	۹/۳

n.s ، * ، ** به ترتیب غیر معنی دار، معنی دار در سطح ۵% و ۱%

جدول ضمیمه ۶ - مقایسه میانگین برخی از خصوصیات لوبیا چشم بلبلی

تیمارها		عملکرد دانه (کیلو گرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیک (کیلو گرم در هکتار)	وزن صد دانه (گرم)	وزن‌خشک غلاف (گرم)	درصد شاخص برداشت
لوبیا	**B**	۱۹۰۰/۵ b	۴۳۶۳/۹ e	۱۵/۱۷ d	۴۸۵/۶ c	۴۳/۷۳۳ a
لوبیا و قارچ میکوریزا	**BM**	۲۱۶۶/۴ b	۵۰۹۱ de	۲۰/۷۸ a	۹۸۴/۵ a	۴۲/۶۳ a
لوبیا وباکتری مزوریزوبیوم	**BB**	۳۰۵۳/۷ a	۷۹۵۷/۸ a	۱۸/۰۶ bc	۹۶۹/۲a	۳۸/۵۶ ab
لوبیا و قارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم	**BBM**	۲۰۹۵/۵ b	۶۷۹۰/۵ bc	۱۸/۹۳ abc	۹۲۰/۳ ab	۳۰/۹۰ c
کشت مخلوط	**I**	۲۰۸۲/۳ b	۵۸۳۷/۲ cd	۱۷/۱۳ cd	۶۱۴/۴ bc	۳۵/۵۶ bc
کشت مخلوط و قارچ میکوریزا	**IM**	۲۰۴۰/۶۰ b	۶۱۹۱/۱ c	۱۹/۹۶ ab	۸۳۰/۱ ab	۳۲/۷۶ c
کشت مخلوط و باکتری مزوریزوبیوم	**IB**	۲۲۷۲/۴ b	۶۶۲۹/۷ bc	۲۰/۳ a	۷۸۹/۱ abc	۴۳/۲۳ c
کشت مخلوط و قارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم	**IBM**	۲۹۵۱/۹ a	۷۴۹۶/۹ ab	۱۹ abc	۹۸۷/۷ a	۳۹/۲۴ ab

میانگین هایی که حداقل در یک حرف مشترکند، اختلاف آماری معنی داری در آزمون **LSD** در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

جدول ضمیمه ۷ - مقایسه میانگین برخی از خصوصیات لوبیا چشم بلبلی

تیمار		ارتفاع بوته (سانتی متر)	تعداد گره در بوته	درصد کلونیزاسیون ریشه	کلروفیل کل لوبیا (میلی گرم بر گرم وزن تر)
لوبیا	**B**	۶۵/۱۶۷ c	۷/۳۳ d	۳۰ c	۴/۶ e
لوبیا و قارچ میکوریزا	**BM**	۷۷/۱۶ b	۱۷/۶۶ bcd	۷۸ a	۶/۸۳ bc
لوبیا وباکتری مزوریزوبیوم	**BB**	۷۶/۵۰b	۲۶/۳۳ b	۲۹/۶۶ c	۷/۹۵ b
لوبیاوقارچ میکوریزاو باکتری مزوریزوبیوم	**BBM**	۵۸/۶۶ c	۴۰ a	۵۳/۳۳ b	۷/ ۳۸ bc
کشت مخلوط	**I**	۷۸/۱۵۶ b	۱۱/۶۶ cd	۶۹ ab	۵/۳۶ de
کشت مخلوط و قارچ میکوریزا	**IM**	۸۹/۷۵ a	۱۹/۱۶۷ bc	۶۹/۶۶ a	۶/۶۲ c
کشت مخلوط و باکتری مزوریزوبیوم	**IB**	۸۹ a	۱۴/۳۳ cd	۷۳/۳۳ a	۹/۶۷ a
کشت مخلوط و قارچ میکوریزاو باکتری مزوریزوبیوم	**IBM**	۶۱/۵ c	۴۰/۶۶ a	۸۲/۳۳ a	۶/۴۲ cd

میانگین هایی که حداقل در یک حرف مشترکند، اختلاف آماری معنی داری در آزمون **LSD** در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

جدول ضمیمه ۸ مقایسه میانگین برخی از خصوصیات لوبیا چشم بلبلی

تیمارها		کلروفیل a (میلی گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل b (میلی گرم بر گرم وزن تر)	کارتنوئید لوبیا (میلی گرم بر گرم وزن تر)
لوبیا	**B**	۲/۹۷ ef	۱/۶۳ c	۰/۷۰c
لوبیا و قارچ میکوریزا	**BM**	۴/۳۱ cd	۲/۵۲ b	۰/۷۴ bc
لوبیا و باکتری مزوریزوبیوم	**BB**	۵/۲۲b	۲/۷۳ b	۰/۹۴ ab
لوبیاوقارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم	**BBM**	۴/۶۲ bc	۲/۷۵ b	۱/۱۴a
کشت مخلوط	**I**	۲/۸۲ e	۲/۵۴ b	۰/۷۱ bc
کشت مخلوط و قارچ میکوریزا	**IM**	۳/۸ cde	۲/۸۲ b	۰/۹۰bc
کشت مخلوط و باکتری مزوریزوبیوم	**IB**	۶/۱۶ a	۳/۵ a	۰/۸۸ bc
کشت مخلوط و قارچ میکوریزاو باکتری مزوریزوبیوم	**IBM**	۳/۷ ed	۲/۷۱ b	۰/۷۵ bc

میانگین هایی که حداقل در یک حرف مشترکند، اختلاف آماری معنی داری در آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد ندارند

جدول ضمیمه ۹ - مقایسه میانگین برخی از خصوصیات ذرت

تیمار		عملکرد دانه (کیلو گرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیک (کیلو گرم در هکتار)	وزن صد دانه (گرم)	تعداد دانه در بلال
ذرت	**Z**	۲۶۹۵/۹b	۱۱۶۶۰ ab	۳۱/۲۷ bc	۲۲۳/۸۳ c
ذرت و قارچ میکوریزا	**ZM**	۵۷۱۸/۸a	۱۴۳۱۱a	۳۲/۵۶ab	۳۵۷/۱۷ b
کشت مخلوط	**I**	۴۲۱۴/۹ ab	۱۲۷۸۶ a	۲۸/۳c	۶۰۴/۷۲a
کشت مخلوط و قارچ میکوریزا	**IM**	۵۶۶۹/۵ a	۸۸۵۳ b	۳۶/۸ a	۲۳۵/۷۳ bc
کشت مخلوط و باکتری مزوریزوبیوم	**IB**	۵۷۵۱/۹ a	۱۲۴۸۱a	۳۲/۱ bc	۲۱۸/۱۰ c
کشت مخلوط و قارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم	**IBM**	۳۰۸۰/۶ b	۹۲۱۴ b	۳۱/۴۷ bc	۱۱۲ d

میانگین هایی که حداقل در یک حرف مشترکند، اختلاف آماری معنی داری در آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد ندارند

جدول ضمیمه ۱۰ - مقایسه میانگین برخی از خصوصیات ذرت

تیمار		وزن خشک بلال (گرم)	تعداد دانه در ردیف	درصد شاخص برداشت	ارتفاع بوته (سانتی متر)	درصد کلونیزاسیون ریشه
ذرت	**Z**	۱۶۸/۴۷ bc	۱۴/۰۶c	۲۲/۹۱c	۱۸۲/۳۳ b	۳۰c
ذرت و قارچ میکوریزا	**ZM**	۲۳۰ a	۲۱/۸۹ b	۴۲/۳۸۳b	۲۲۷/۳۳ a	۶۶/۶۶۷ a
کشت مخلوط	**I**	۱۶۰ bc	۲۸/۷۷ a	۳۳/۰۹۷bc	۱۹۳/۶۷ b	۷۱/۳۳۳ a
کشت مخلوط و قارچ میکوریزا	**IM**	۱۴۵/۸۴ bc	۱۲/۳۳ c	۶۴/۵۳a	۱۸۵/۶۷ b	۶۲/۶۹۷ a
کشت مخلوط و باکتری مزوریزوبیوم	**IB**	۱۸۵/۲۶ab	۱۰/۴۷ cd	۴۶/۰۵ ab	۲۰۷/۵a b	۶۱/۶۶ a
کشت مخلوط و قارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم	**IBM**	۱۲۸/۸ c	۷ d	۳۳/۱۲۰bc	۱۸۰/۸۳ b	۶۶/۶۶۷ a

میانگین هایی که حداقل در یک حرف مشترکند، اختلاف آماری معنی داری در آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد ندارند

جدول ضمیمه ۱۱ - مقایسه میانگین برخی از خصوصیات ذرت

تیمار		کلروفیل کل (میلی گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل a (میلی گرم بر گرم وزن تر)	کلروفیل b (میلی گرم بر گرم وزن تر)	کارتنوئید (میلی گرم بر گرم وزن تر)
ذرت	**Z**	۲/۳۹ d	۱/۹۱c	۰/۴۸ d	۰/۶۳ a
ذرت و قارچ میکوریزا	**ZM**	۷/۲۶ a	۵/۴۳ a	۱/۸۲ a	۱/۱۹ a
کشت مخلوط	**I**	۵/۳۴ b	۴/۰۱۷ b	۱/۳۲ b	۰/۹۵ ab
کشت مخلوط و قارچ میکوریزا	**IM**	۴/۳۴ c	۳/۴۴ b	۰/۸۹ c	۰/۷۱ bc
کشت مخلوط و باکتری مزوریزوبیوم	**IB**	۴/۶۵ bc	۳/۷۸b	۰/۹۶ c	۱/۱۸ a
کشت مخلوط و قارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم	**IBM**	۳/۲۹d	۲/۳۷ c	۰/۹۲ c	۰/۶ c

میانگین هایی که حداقل در یک حرف مشترکند، اختلاف آماری معنی داری در آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد ندارند

جدول ضمیمه ۱۲ - مقایسه میانگین فسفر خاک و نسبت برابری زمین

تیمار		میزان فسفر خاک (ppm)	نسبت برابری زمین
لوبیا	**B**	۲۳/۸۶۰ ab	-
لوبیا و قارچ میکوریزا	**BM**	۲۰/۵۳ b	-
لوبیا و باکتری مزوریزوبیوم	**BB**	۲۶/۴۲a	-
لوبیاوقارچ میکوریزاو باکتری مزوریزوبیوم	**BBM**	۱۰/۳۹ c	-
کشت مخلوط	**I**	۲۱/۳۵ b	۲/۸۶a
کشت مخلوط و قارچ میکوریزا	**IM**	۲۶/۲۱۰ a	۲/۰۵۶ b
کشت مخلوط و باکتری مزوریزوبیوم	**IB**	۷ d	۲/۰۲ bc
کشت مخلوط و قارچ میکوریزاو باکتری مزوریزوبیوم	**IBM**	۱۴/۶۵ c	۱/۷ c
ذرت و قارچ میکوریزا	**ZM**	۲۳/۰۶ ab	-
ذرت	**Z**	۱۴/۴۱۰c	-

میانگین هایی که حداقل در یک حرف مشترکند، اختلاف آماری معنی داری در آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد ندارند

منابع

منابع:

۱- اصغری ح.ر. و عامریان م.ح. (۱۳۸۴) " مروری بر تأثیر پذیری گیاهان هالوفیت از همزیستی میکوریزا" مجموعه مقالات یازدهمین گنکره علوم خاک ایران. ص ۱۷۶- ۱۸۱ ،گرگان.

۲- امام ی . (**۱۳۸۳**) "**زراعت غلات**" دانشگاه شیراز. شیراز، ص ۱۲۰.

۳- تاجبخش م. (**۱۳۷۵**). "**ذرت زراعت – اصلاح آفات و بیماریهای آن**"، نشر احرار، تبریز ص۱۵۰.

۴- علیمددی ا. و جهانسوز م. ر. و 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** جلد ۲۴، شماره ۱، ص ۱۵۶.

۵- رحمانی، ا.، خاوازی، ک. ، اصغرزاده، ا .و رجالی، ف . ۱۳۸۴ . کودهای بیولوژیک، مکمل یا جایگزین کودهای شیمیایی . مجموعه مقالات ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور (چاپ دوم بازنگری بنیادی،۳۱-۴۲).

۶- ضوان‌بیدختی، ش. (۱۳۸۳)" مقایسه ترکیب‌های مختلف کشت در مخلوط ذرت و لوبی[1]". پایان‌نامه دوره کارشناسی ارشد رشته زراعت، دانشگاه فردوسی مشهد. ۱۲۴ ص.

۷- جوانشیر ع. و دباغی محمدی نسب ع. و حمیدی آ. و قلی پور، م. (**۱۳۷۹**)" **اکولوژی کشت مخلوط**"، انتشارات جهاد دانشگاه مشهد. مشهد. ص ۲۱۷.

۸- حیدری شریفآباد، ح. و دری م. (۱۳۸۰) "**نباتات علوفهای (نیامداران)**" جلد اول. انتشارات موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع، ص ۳۱۱.

۹- خواجه حسینی، م. (۱۳۷۰). پایان نامه کارشناسی ارشد : "بررسی اثر کشت مخلوط ارقام سویا در تراکم‌های مختلف بر کیفیت عملکرد و اجزای عملکرد" دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۱۰- خودشناس م، دادیور م. و خاوازی ک، (۱۳۸۲) "بررسی کارآیی باکتری ریزوبیوم در تثبیت بیولوژیکی نیتروژن در خاکهای زیر کشت لوبیا" هشتمین کنگره علوم خاک ایران ص ۸-۶، رشت ،

۱۱- دادیور م، و خودشناس م. ع (۱۳۸۴) "ارزیابی کارایی مایه تلقیح ریزوبیوم در مناطق عمده لوبیاکاری استان مرکزی"ص ۳۶۱ ، مشهد مقدس.

۱۲- رمضانیان ع،(۱۳۸۴)" معرفی باکتریهای ریزوبیومی به عنوان عوامل محرک رشد گیاه (PGPR)"، اوّلین همایش ملّی حبوبات ص ۴۰۷، مشهد مقدس

۱۳- سرمدنیا پ غ. و کوچکی ع. (**۱۳۷۲**) " **فیزیولوژی گیاهان زراعی**". (ترجمه) انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ص ۴۶۸.

۱۴- سرلک ش. و .آقاعلیخانی م . (**۱۳۸۸**)" اثر تراکم بوته و نسبت اختلاط بر عملکرد کشت مخلوط ذرت شیرین(*Zea mays* L. var Saccharata) و ماش سبز (*Vigna radiate* L.) " **مجله علوم زراعی ایران**،شماره ۱۱، دوره ۴، ص۳۶۷ .

۱۵- سنجانی س، حسینی م غ ، چائی چی، رضوانی بیدخت ش،(**۱۳۸۸**) "ا.ثر کشت مخلوط افزایشی سورگوم:لوبیا چشم بلبلی برجمعیت زیست توده علف هرز در شرایط کم آبیاری" .**مجله پژوهش‌های زراعی ایران**.جلد ۷. شماره ۱. ص ۸۵.

۱۶- شیرانی راد ا .ح . و دهشیری ، ع(۱۳۸۱). "راهنمای کلزا (کاشت ، داشت و برداشت) سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی"، نشر آموزش کشاورزی، ص ۱۱۶.
۱۷- شیرانی راد ا .ح، (۱۳۷۳) پایان نامه کارشناسی ارشد . بررسی اثر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر روند رشد و صفات زراعی دو رقم کلز ا .دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس تهران،.
۱۸- صالح راستین ن، **(۱۳۸۰)** "کودهای بیولوژیک و نقش آنها در راستای نیل به کشاورزی پایدار"**مجله علوم خاک و آب**، ویژه نامه کودهای بیولوژیک.
۱۹- علی اصغر زاده ن.**(۱۳۷۶)** "**میکروبیولوژی و بیوشیمیای خاک**" انشارات دانشگاه تبریز. ص ۳۲۳.
۲۰- غفاریان م.ح. (۱۳۸۱) پایان نامه کارشناسی ارشد. ارزیابی سیستم کشت مخلوط نواری در دو رقم برنج. دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.
۲۱- فلاح ع. و بشارتی ح وخسروی ه.**(۱۳۸۵)** "**میکروبیولوژی خاک (ترجمه)** ". آییژ. ص ۱۸۰
۲۲- کوچکی ع. بنایان اول م.**(۱۳۷۶)** "**زراعت حبوبات**". انتشارت جاوید. ص ۲۳۶.
۲۳- کوچکی، ع.، و نجیب نیا، س. **(۱۳۸۷)** "**نقش تنوع در کشاورزی پایدار**" انتشارات فردوسی مشهد. ۲۷۵ ص.
۲۴- کوچکی ع.ر. و للـه‌گانی ب. و سمانه نجیب‌نیا. **(۱۳۸۸)** " ارزیابی تولید در کشت مخلوط لوبیا و ذرت" **مجله پژوهشهای زراعی ایران**، جلد ۷، شماره ۲ : ص .۶۰۵- ۷۰۵
۲۵- مهدوی دامغانی، ع.، کوچکی، ع. و زند، ا (۱۳۸۵) "طراحی و مدیریت بوم نظام در کشاورزی پایدار" .مقالات کلیدی نهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران .پردیس ابوریحان -دانشگاه تهران 5 -7 .شهریور
۲۶-مظاهری، د **(۱۳۷۵)** "**زراعت مخلوط**". انتشارات دانشگاه تهران. ۲۶۲ ص.

27- Agegnehu G. and Ghiza w. and AandSinebo W. **(2006)** " Yield Performance and land-useefficiency of barley and faba bean mixed cropping in Ethiopian highlands"j. of. **Agron**., 25, pp 202.
28- Ahmad Z. and Hassan D.R. and Mezori A. M.(2008) " duhoky 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 J. Dohuk Univ., Vol. 11, No.1, 2008 University of Dohuk 2-4 May.
29- Alizadeh O. and Alizadeh A. **(2011)** "Consideration Use of Mycorrhiza and Vermicompost to Optimizing of Chemical Fertilizer Application in Corn Cultivation" J. of. **Advances in Environmental Biology**., 5, 6, pp1279.
30- Alene A.D. and Hassan R.M. **(2003)** "Total factor productivityand resource use efficiency of alternative cropping systems in two agro-climatic zones in eastern Ethiopia" J. of. **AgriculturalEconomics Review**., 4,2,pp32.
31- Akhtar S. and Siddiqui Zaki, A. **(2008)** " Biocontrol of a root-rot disease complex of chickpea by *Glomus intraradices*, Rhizobium sp. and *Pseudomonas straita*"J. of. **Crop Prot**., 27,pp 410.
32- Akthar M.S. and Siddiqui Z.A. (2008) "Arbuscular Mycorrhizal Fungi as Potential Bioprotectants against Plant Pathogens. In: Mycorrhizae: Sustainable Agriculture and Forestry, (Eds.) Springer Netherlands, Dordrecht, The Netherlands., 6, pp: 61-97.
33- Allen M.F. and Moore T.S. and Christensen M. **(1992)** "Phytohormone changes in *Bouteloua gracilis* infected by vesicular–arbuscular mycorrhizae. II. Altered levels of gibberellin-like substances and abscisic acid in the host plant". J. of. **Can J Bot**., 60, pp 468.

34- Allen E. B. and Allen M. F. **(1986)** "Water relations of xeric grassesin the field: interactions of mycorrhizas and competition" J. of. **New Phytol**.,pp 104,559.
35- Altieri M. A. **(1999)** "The ecological role of biodiversity in agroecosystems". J.of. **Agriculture, Ecosystems and Environment**., 74, pp19.
36- Amerian M. A. and Stewart W.S and Griffiths H. **(2001)** "Effect of two species of arbuscular mycorrhizae fungi on growth, assimilation and leaf water relation in maize(*Zea mays* L.)"J. of. **ASP.APPl.Boil**., 63, pp73.
37- Antoun H. and Kloepper J. (2002) .Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR).
38- Antunes PM and Deaville D and Goss M J. **(2006)** "Effect of two AMF life strategies on the tripartite symbiosis with *Bradyrhizobium japonicum* and soybean" J. of. **Mycorrhiza**., 16, pp 167.
39- Augé R.M. **(2001)** "Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal Symbiosis" J. of. **Mycorrhiza**. , 11, pp 3.
40- Bashan Y. and **(1998)** "Inoculants of plant growth-promoting bacteria for use in agriculture" J. of. **Biotechnology Advances**., 16, pp 729.
41- Bagnasco P. **(1998)** "*Fluorescent pseudomonas spp*. As biocontrol agents against forage legume root pathogenic fungi" J. of. **Soil. Biol. Biochem**., 30, pp 1317.
42- Bambara S. and Ndakidemi P. A. **(2010)** "*Phaseolus vulgaris* response to Rhizobium inoculation,lime and molybdenum in selected low pH soil in Western Cape" J. of. **Agricultural Research**., 5, pp 1804.
43- Barea J.M. and Pozo M.J. and Azcon R. and Azcon-Aguilar C. **(2005)** Microbial cooperation in the rhizosphere. J. of**. Experimental Botany**., 56, 1761.
44- Batlla D.and Kruk B.C. and Benech- Arnold R.L. **(2000)** "Very early detection of canopy presence by seeds through perception of subtle modification in red:far red" J. of . **Funct. Ecol**., 14,195.
45- Ben Romdhane S. and Aouani M.E. and Trabelsi M. and Lajudie P. and Hamdi R. **(2008)** "Selection of high nitrogen-fixing *Rhizobia* nodulating chickpea (*Cicer arietinum*) for " J. of **Agron. Crop Sci**., 194, pp 413.
46- Bethlenfalavy G.J. and Schreiner R.P. and Mihara, K.L. and McDaniel, H. **(1996)** "Mycorrhizae, biocides, and biocontrol. 2. Mycorrhizal fungi enhance weed control and crop growth in a soybean-cocklebur association treated with the herbicide bentazon" J. of. **Applied Soil Ecology**., 3, pp205-24.
47- Bhat M. I. and Rashid A. and Faisul-ur-Rasool S. S.and Mahdi S. A. and Raies A. **(2010)** "Effect of Rhizobium and Vesicular arbuscular mycorrhizae Fungi on Green gram (*Vigna radiata L. Wilczek*) under Temperate Conditions" J. of. **Research Journal of Agricultural Sciences**., 1, 2. pp 113.
48- Black A.L., Miller R.H. and Keeney D.R**. 1989**. Methods of Soil Analysis. Part II ASA, I. SSSA, No.9.
49- Boby V.U. and Balakrishna A.N. and Bagyaraj D.J. **(2008)** "Interactionbetween *Glomus mosseae* and soil yeasts on growth and nutrition of cowpea". J. of. **MicrobiologicalResearch**., 163, pp 693.
50- Brito I. and Michael J. Goss, M de Carvalho.(2008) Agronomic Management of Indigenous Mycorrhizas. Universidade de Evora, ICAM, Apartado 94, 7002 - 554
51- Carrubba A. and la Torre R. and Saiano, F. and Aiello P. **(2008)** "Sustainable production of fennel and dill by intercropping" J. of. **Agronomy Journal of Sustainable Development**., 28, pp247.
52- Cardoso, I., and Kuyper, M.T.W **(2006)** "Mycorrhizas and tropical soil fertility agriculture" J. of. **Ecosystems and Environment**, 116: 72-84

53- Chabot R. **(1996)** "Growth promotion of maize and lettuce by P solubilizing *R. l.* biovar. *Phaseoli*". J. of. **Plant and Soil**., 184, pp 311.
54- Chemining'wa G.N. and. Theuri S.W.M and Muthomi J.W. **(2010)** "Effect of Rhizobia inoculation and starter-N on nodulation and yield of grain legumes" J. of. **Plant Physiology**., 160, pp 1073.
55- Contreras-Govea F.E. and Muck R.E. and Armstrong K.L. and Albrecht K.A. **(2008)** "Nutritive value of corn silage in mixture with climbing beans".Animal. Feed Sci. Technol., accepted for publication July 16.
56- Dahmardeh M. and Ghanbari A. and Syahsar BA. and Ramrodi M. **(2010)** " The role of intercropping maize (*Zea mays* L.) and Cowpea (*Vigna unguiculata* L.) on yield and soil chemical properties" . J. of. **Agricultural Research**., 5, 8, pp 631.
57- Eskandari H. and GHanbari-Bonjar A. and Galavi , M. and Salari, M. **(2009)** "Forage quality of cow pea (*Vigna sinensis)* intercropped with corn (*Zea mays*) as affected by nutrient uptake and light interception" J. of. **Agrobot. Cluj**., 37, 1, pp 171..
58- 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.
59- Etesami H. and Hossein A. and Alikhani A. and Akbari A. **(2009)** "Evaluation of Plant Growth Hormones Production (IAA) Ability by Iranian Soils Rhizobial Strains and Effects of Superior Strains Application on Wheat Growth Indexes" j. of. **World Applied Sciences Journal**., 6 ,11, pp 1576.
60- Feike1 T. and Chen Q. and Graeff-Ho¨nninger1 S. and Pfenning1 J. and Claupein W. **(2010)** " Farmer-developed vegetable intercropping systems in southern Hebei, China" J. of. **Renewable Agriculture and Food Systems**., 25, 4, pp 272.
61- Fininsa C. **(2003)** "Relationship between common bacterial blight severity and bean yiled loss in pure stan and bean-maize intercropping systems" J. of. **International Journal of Pest Management**., 49pp177.
62- Franzini I. and RosarioAzco´n, FernandaLatanze M. and Ricardo A. **(2009)** "Interactionsbetween Glomus species and Rhizobium strains affectthe nutritional physiologyofdrought-stressedlegumehosts Vinicius". J. of. **Plant Physiology**. 167, pp 614.
63- Ghanbari BonjarA., (2000), . Ph. D. tesi, "Intercropped wheat (Triticum aestivum) and bean (Vica faba) as a low – in put forage" Wye College, University of London.
64- Ghanbari A. and Dahmardeh M. and Siahsar B. A. and Ramroud M. **(2010)** "Effect of maize (*Zea mays* L.) - cowpea (*Vigna unguiculata* L.) intercropping on light distribution, soil temperature and soil moisture in arid environment" J. of. **Food, Agriculture & Environment** .8, 1 0 2.
65- Giller KE (2001) Nitrogen fixation in tropical cropping systems. (CABI Publishing, Wallingford, UK).
66- Giovannetti M. and Mosse B**. (1980)** "An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots" J. of. **New Phytol**,. 84. pp 489.
67- Giri B. and Mukerji KG. **(2004)** "Mycorrhizal inoculant alleviates salt stress in Sesbania aegyptiaca and Sesbania grandiflora under field conditions: evidence for reduced sodium and improved magnesium uptake" J. of. **Mycorrhiza**., 14, pp307.
68- Gomez P. and Gurevitch J. **(2005)** " Weed community responses in a corn-soybean intercrop" J. of. **Opulus Press**., 1, pp 281.

69- Hagguaard-Nielsrn H. and Ambus P. and Jensen E. S. **(2001)** "Temporal and spatial distribution of roots and competition for nitrogen in pea-barley intercrops-A field study employing p-32 technique" J. of. **Plant Soil**., 236, pp 63.
70- Halder A. K. **(1990)** "Solubilization of rock phosphate by *Rhizobium* and *Bradyrhizobium*". J. of. **Appl. Microbiol**., 36, pp 81.
71- Helenius j. **(1990)** "Plant size, nutrient composition and biomass productivitiy of oats and beans in intercropping and the effect of controlling *Rhopalosiphum Padi* (Hom, Aphididae) on these properties" J. of. **Agri. Sci. Finiand**., 62, pp 21.
72- Huang H. and Zhang S.H. and Wu a N. and Luo L. and Christie P **(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 & Biochemistry**., 41, pp726.
73- Ilbas A.I. and Sahin S. **(2005)** "Glomus fasciculatum inoculation improves soybean production" J. of. **Acta Agriculturae Scandinavica**., 55, 4, pp 287.
74- Illmer P. and Schinner F. **(1995)** "Solubilization of inorganic calcium phosphates" J. of. **Soil Biol. Biochem**., 46, pp 257**.**
75- Jahansooz M.R. and Yunusa I.A.M. and Coventry D.R. and Palmer A.R. and Eamus D. **(2007)** " Radiation- and water- use associated with growth and yields of wheat and chickpea in sole and mixed crops" J. of. **Agron**., 26, pp 275.
76- Javaid, A. **(2009)** "Arbuscular mycorrhizal mediated nutrition in plants". J. of. **Plant Nutrition** .,32, pp1595
77- Jose´-Miguel B. and Marı´a J. P. and Rosario A. and Concepcio´n Azco´n. **(2005)** "Microbial co-operation in the rhizosphere" J. of. **Experimental Botany**, 56, 417, pp. 1761.
78- Kapoor R. and Deepika S.h. and Bhatnagar A.K. **(2008)** "Arbuscular mycorrhizae in micropropagation systems and their potential applications" J. of. **Scientia Horticulturae**., 116,pp 227
79- Kirchner M. G. and Wollum A. G. and Kong L. D. **(1992)** "Soil Microbial population and activities in reduced chemical input agroeosystems" J.of. **Soil Science Society American**., 57, pp 1289
80- Kosuta S. and Chabaud M. and Lougnon G. and Gough C. and Denarie J. and Barker D. and Bacard G. **(2003)** "A diffusible factor from arbuscular mycorrhizal fungi induces symbiosis-specific mtENOD11 expression in roots of Medicago truncatula" J. of. **Plant Physiology**., 131, pp 952.
81- Kremer R. and Souissi T. **(2001)** "Cyanide production by rhizobacteria and potential for suppression of weed seedling growth" J. of. **Microbiol**., 43,182.
82- Krishna K. R.and Suresh H. M. and Syamsunder J. and Bagyaraj D. J. **(1981)** "Changes in the leaves of nger millet due to VA mycorrhizal infection" J.of. **New Phytol**., 87, pp 717.
83- Kruger M. and Vail N. and Risman S. and Akerson Z. (2008) "A Comparative Study of Intercrop and Monocrop Systems, L AI, LER, Weed Biomass, Crop Biomass, and Marketability as Measures of Productivity". homepage. mac.com/maktress/Documents farmproductivity. Htm
84- Leung H. and Zhu Y. and Revilla-Molina I. and Fan JX. And Chen H. (2003) "Using geneticdiversity to achieve sustainable rice disease management"J of. Plant Dis., 87, 1156.
85- Li C.h. and Xiahong H. and Shusheng Z. and Huiping Z. and Yunyue Wang. And Yan L. and Jing Y. and Jinxiang F. and Jincheng Y. and Guibin W. **(2009)** "Effect of

intercroppingperiod management on runoff and erosion in a maize croppingsystem" J. of. **Environmental Quality**., 39, pp1001.

86- Li L. and Sun J.H. and Zhang F.S. and Li X.L. and Yang S.C. and Rengel Z. **(2001)** "Wheat/maizeor wheat/soybean strip intercropping. I. Yield advantage and interspecificinteractions on nutrients" J. of. **Field Crops Res**., 71,pp 123.

87- Lithourgidis A. S. and Vaslakoglou I. B. and Dhima K.V. and Dordas C. A. and Yiakoulaki M.D. **(2006)** "Forage yield and quality of common vetch mixtures with oat and triticale in two seeding ratio" J.of. **Field Crops Res**., 99, pp 106.

88- Liu A. and Hamel C.and Elmi, A. A. and Zhang, T. and Smith, D. L. **(2003)** "Reduction of the available phosphorus pool in field soils growing maize genotypes with extensive mycorrhizal development" J. of. **Plant Sci**., 83,pp 737.

89- Livera-Muñoz M. and E Cárdenas-Soriano M. **(2007)** "physiological and morphological adaptations in tomato intercropped with *TAGETES ERECTA* and *Amaranthus Hypochondriacus US"* J. of. **Plant Physiology**., 30 , 4, pp 421.

90- Mandal A. and Patra A.K. and sigh D. and swarup A. and EbhinMasto R. **(2007)** "Effect of long-term application of Manure and fertilizer on biological and biochemical activities in soil during crop development stages" J. of. **Bioresource Technology**., 98, pp 3585.

91- Mahmood A. and Athar M. **(2008)** "Cross inoculation studies: Response of *Vigna mungo* to inoculation with rhizobia from tree legumes growing under arid Environment" J. of. **Int. J. Env. Sci. Tech**., 5, pp 135.

92- Marulanda A. and Barea M. R. and Azco´n J. **(2006)** "Anindigenousdrought-tolerantstrainof Glomus intraradic esassociated with a native bacterium improves water transport and root developmentin Retama sphaerocarpa" J. of. **MicrobEcol**., 52, pp 670.

93- Matiru V. N. and Dakora F. D. **(2004)** "Potential use of rhizobial bacteria as promoters of plant growth for increased yield in landraces of African cereal crops" J. of. **African Journal of Biotechnology**., 3, pp 1.

94- Maurice G. and Albert N. and Isidore T. **(2010)** "Altering time of intercropping cow pea (Vigna unguinculata 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, pp 437.

95- Miller R.M. and Jastrow J.D. (2000) "Mycorrhizal fungi influence soil structure. In: Arbuscular Mycorrhizas: Physiology and Function". Kapulnik, Y., Douds, D.D(Eds.). Kluwer Academic, Dordrecht, pp. 3-18.

96- .Mirzakhani M. and . Ardakani M.R. and Aeene Band A. and Rejali F.and Shirani Rad A.H. **(2009)** "Response of Spring Safflower to Co-Inoculation with *Azotobacter chroococum* and *Glomus intraradices* Under Different Levels of Nitrogen and Phosphorus "J. of. **Agricultural and Biological Sciences**., 4 , 3, pp 255.

97- Morgado L.B. and Willey R.W. **(2008)** "Optimum plant population for maize-beanintercropping system in the Brazilian semi-arid region"J. of. **Sci Agric**., 65, 474.

98- Mortimer P.E. and Pe´ rez-Ferna´ndez M.A. and Valentine A.J. **(2008)** "The role of arbuscular mycor- rhizal colonization in the carbon and nitrogen economy of the tripartite symbiosis withnodulated Phaseolus vulgaris" J. of. **Soil Biol Biochem**., 40, pp 1019.

99- Nasim G. Bajwa R. Hakeem A. **(2007)** "Response of arbuscular mycorrhizal *mungbean* plants to ambient air pollution" J. of. **Environ. Sci. Tech**., 4 , 3, pp 295.

100- Neumamn A. and Schmidtke k. and Rauber R. **(2007)** "Effects of crop density and tillage system on grain yield and Nuptake from soil and atmosphere of sole and intercropped Pea and Oat" J. of. **Field Crops Res**., 100, pp 285.
101- Olasantan F.O **(1999)** "Food production, conservation of crop plant biodiversity and environmental protection in the twenty-first century: the relevance of tropical cropping systems" J.of. **Outlook on Agriculture**., 28, pp 93.
102- Parsa M. and Bagheri A. (2008) Pulses. Ferdowsi University of Mashhad Press. 522 pp. (In Persian)
103- Paul A. **(2007)** "**Soil Microbiology,Ecology, and Biochemistry**".pp514.
104- Pena-Cabriales J. J. and Castellanos J. Z. **(1993)** "Effect of water stress on N2 fixation and grain yield of *Phaseolus vulgaris* L" J. of. **Plant Soil**., 152, pp151.
105- Qamar I.A. and Keatinge J.D.H. and Noormohammad T. and Ali A. and Ajmal Khan M. **(1999)** " Interoduction and management of vetch/barley forage mixtures in the rain fed areas of Pakistan. Forage Yield. Aust" J. of. **Agric. Res**,. 50, pp1.
106- Robert A. and Laird M. and John f. **(2008)** "Addicott Neutral Indirect Effects of Mycorrhizal Fungi on a Specialist Insect Herbivore" J. of. **Environ. Entomol**., 37, 4, pp 1017.
107- Rodriguez H. and Fraga R. **(1999)** "Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion" J. of. **Biotech**., 17, 319.
108- Rotor A.V. and Delima P.C. **(2010)** " Mycorrizal association , N fertilization and biocide application on efficacy 0f BIO-N on corn (*Zea Mays L.)* growth and productivity" J. of. **International Scientific Research**., 2 , 3, pp267.
109- Ryan, M. H., and J. H.Graham. **(2002)** "Is there a role for arbuscular mycorrhizal(AM) fungi in production agriculture ?" J. of. **Plant and soil**., 244, pp263.
110- Saharan B.S . and Nehra V. **(2011) "**Plant Growth Promoting Rhizobacteria: A Critical Review" J. of. **Life Sciences and Medicine Research**, Volume., LSMR-211.
111- Saleh M. and Al- Garin S. **(2006)** "In fluence of malathion and mancozeb on mycorrhiza colonization and growth of Zea mays and Vica faba" J. of. **Agricultural Sciencess**., 2, 3, pp303.
112- Samarbakhsh S. and Rejali F. and Ardakani M. and Pak Nejad R. and Miransari M. **(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, 4, pp 372.
113- Sayed A.k. (2010) Phdthesise" Effect of endo mycorrhizal fungi and compost on the yield and quality of maize and sunflower plant in poor nutrients soil, agre depart. Kassel university.
114- Shisanya c.a **(2003)**" Yield and Nitrogen fixation response by drought tolerant tepary bean (Phaseolus acutifolios A. Gray var Latifolius) in sole and maize intercropping system in semi –arid Kanya" J.of. **Agronomy**.,2, 3. pp126
115- Shirley M. and Ross J. and King R. and Donovan OJ.T. and Spanner D. **(2004)** "Forage potential of intercropping Berseem Clover with Barley" J.of. **Oat. or Triticale Agron**., 96, pp 1013.
116- Smith S.E. and Read D.J. **(2008)** "Mineral Nutrition, Toxic Element Accumulation and Water Relations of Arbuscular Mycorrhizal Plants" J. of. **Mycorrhizal**., 10, pp 145.

117- That M.M. and Kamaruzaman S. Radziah O. and Kardir J. and M asdek H.D. (2009) "mechaniams involved in the biological control of tomato bacterial wilt caused by Ralstonia solanacearum using arbuscular Mycorrizal fungi.Ph.d Thesis, Unviversityn Putra Malysia .

118- THayamini. and Seran H. and Brinta I. (2010) "Review on Mais based intercropping" J. of. **Agronomy**., 9, 3, pp135**.**

119- Tong-jian X. Qing-song Y. and Wei R, Guo-hua X.U. and Qi-rong S.H. **(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, 4, pp 528**.**

120- Tsubo M. and Walker S. and Mukhala E. **(2001)** "Comparisons of radiation use efficiency of mono/inter cropping systems with different orientations" J. of. **Field Crops Research**., 71, pp17

121- Tsubo M. and Walker S. and Ogindo H. O. **(2004)** "A simulation model of cereal-legume intercropping systems for semiarid regions I Model development"J. of**. Field Crops Research**., 90, pp 48-61.

122- Turk M. A. and Assaf T. A. and Hameed K. M. and Tawaha A. M. **(2006)** "Significance of Mycorrhizae" J. of. **Agricalture Science**., 2, pp 16 .

123- Valentine A. J. and Mortimer P.E. and Lintnaar A. and Borgo, R. **(2006)** "Drought responses of arbuscular mycorrhizal grapevines" J. of. **Symbiosis**., 41, pp127.

124- Varma A. and Hock.(1999) "Mycorrhiza :Structure, Function, Molecular biology and biotechnology" J. of. **Springre microbiology book, Berlin. ISBN**, pp 540.

125- Vessey K. **(2003)** "Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers" J. of. **Plant and soil**., 255, pp 571.

126- Wahuma T.A.T. and Babalola O. and Akenova M.E. **(1981)** "Intercropping morphologically different type of maize with cowpea: LER and growth attributes of associated cowpea" J. of. **Expl. Agric**., 17, 407.

127- Wang L. and Sun M.L. and Yang Y.L. and Ma Y.C. and Qian C.X. and et al. **(2005)** "Studies on regionalepidemiology of potato late blight in Yunnan". J. of. **Agric Sci**. 18 , 2, pp 157.

128- Weissen horn I. and Mench M. and Leyval c. **(1995)** "Bioavailability of heavy metals and arbuscular mycorrhiza in a sewage sludge amended sandi soil" J.of .**Soil Biology and Biochemistry**., 27, 3, pp.287.

129- Wellburn A.R. **(1994)** "The spectral determination of chlorophyll a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution" J. of. **Plant Physiol**., 144, pp 307.

130- Watson CA. and Harrier LA. **(2003)** "The role of arbuscular mycorrhizal(AM) fungi in the sustainable cropping systems" J. of. **Advanc. Aagron**., 79, pp 185

131- Zaidi A. and Saghir Khan M.D. and Amil A. **(2003)** "Interactive effect of rhizotrophic microorganisms on yield and nutrient uptake of chickpea (Cicer arietinum L.) "Eur.J. of. **Agron**., 19,pp 15.

132- Zhao-Hai Z. and Wen-Xin C. and Yue-Gao H. and Xin-Hua S. and Dan-Ming C. **(2007)** "Screening for highly effective *Sinorhizobium meliloti* strains for Vector Alfalfa and testing of its competitive nodulation ability in the field" J. of. ***Pedosphere***, 17, pp 219.

133- Zhu Y.Y. and Fang H. and Wang Y.Y. and Fan J.X. and Yang S.S. **(2005)** "Panicle blast and canopy moisture in rice cultivar mixtures" J. of. **Phytopathology**., 95, pp 433.

Abstract

Arbuscular mycorrhizal (AM) fungi are ubiquitous components of many ecosystems and can colonies two-thirds of all plant species. In order to evaluate effects of dual inoculation of arbuscular mycorrhizal(AM) fungi and *Mesorhizobium* bacteria on the Yield and Yield components of maize-cowpea intercropping system, an experiment was carried out as randomized complete block design (RCBD) with three replications at research field of faculty of agriculture, Shahrood University of Technology in the growing season at 2010. Experimental treatments were included monocropping of maize, monocropping of Bean and maize-bean intercropping based on additive series (100% maize and 100% beans), monocropping of maize + Mycorrhizae, monocropping of Bean + Mycorrhizae, monocropping of Bean + Bacteria, intercropping + Mycorrhizae, intercropping + Bacteria intercropping + Mycorrhizae + Bacteria. The results showed that significant differences ($P \leq 0.01$) in traits of bean such as seed yield, biological yield, 100 seed weight, and harvest index. Also traits of maize seed yield maize, biological yield, 100 seed weight and harvest index was significant ($P \leq 0.05$). The highest seed yield of bean (3053.7 kg/ ha) was obtained in the monocropping with bacteria and the lowest seed yield of bean of (1900.5 kg/ ha) was obtained in bean monocropping treatment. Also regarding to maize seed yield, maximum yield was observed (5751.9 kg/ha) in intercropping treatment with presence of bacteria, and minimum yield (2695.9 kg/ha) was obtained in maize monocropping treatment. The highes LER (2.89) was obtained from intercropping treatment without fungi and bacteria and the lowest LER (1.87) was obtained in treatment of intercropping system with bacteria. In general the results can be expected with a proper combination of biology fertilizers and intercropping system could improve biological nitrogen fixation and nutrient uptake.Finally as a result of this research could be mentioned that the best combination of treatments was intercropping system with *mesorihzobium* bacteria.

Keywords: maize, cowpea, intercropping, arbuscular mycorrhizal fungi, *Mesorhizobium* Bacteria

Sahrood University of Technology

Faculty: of Agricultural

A study on the effects of dual inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi and Mesorhizobium bacteria on the Yield and Yield components of maize-cowpea intercropping system

Zahra Marzban

Supervisors:

Dr.M.R. Amerian

Dr.M. Mamarabadi

Winter 2012

This document was created with Win2PDF available at http://www.daneprairie.com.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.