بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی شاهرود
دانشکده کشاورزی
گروه زراعت

بررسی کاربرد قارچ میکوریزا آربوسکولار، باکتری تثبیت کننده نیتروژن و کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا قرمز

فاطمه رجب زاده مطلق

اساتید راهنما:
دکتر حمیدرضا اصغری
دکتر مجتبی ممرآبادی

اساتید مشاور:
دکتر ناصر فرخی
دکتر هادی اسدی رحمانی

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

بهمن ماه ۱۳۹۰

تقدیم به:

پیشگاه پدر و مادر عزیزم

به پاس عاطفه سرشار و گرمای امید بخش وجودشان

و به پاس آسایشی که از خود دریغ کردند تا شاهد آسایش و موفقیت فرزندانشان باشند

تقدیر و تشکر:

سپاس خدای را که حق ستایشش بالاتر از حدّ ستایشگران است و نعمت‌هایش مافوق اندیشه شمارشگران، حق جویان کوشا از ادای حقّش ناتوانند و همت‌های دور پرواز آدمیان از درک و احاطه به مقام شامخش نارسا و حوزه اعلای ربوبی‌اش از نفوذ هوشیاران بدور.

(امام علی علیه السّلام)

اینک که در پرتو لطف و عنایت پروردگار مراحل انجام این تحقیق به پایان رسیده، بر خود واجب می‌دانم که مراتب تشکر و قدردانی خود را خدمت تمام عزیزانی که در اجرای این پایان‌نامه همکاری نموده و راهگشا بودند، عرض کنم.

از اساتید راهنمای گرانقدر و فرزانه جناب آقای **دکتر حمیدرضا اصغری** به خاطر راهنمایی‌ها و ارشادات علمی سازنده و همچنین به خاطر متانت و سعه‌صدر ایشان در پاسخگویی به مسائل و مشکلات عدیده اجرایی در این پایان‌نامه، و جناب آقای **دکتر مجتبی ممرآبادی** به خاطر ارائه نظریات شایسته و همیاری‌های دلسوزانه ایشان در طول اجرای پایان‌نامه صمیمانه تشکر می‌کنم و برای ایشان آرزوی پیروزی و بهروزی هر چه افزونتر را دارم.

از اساتید مشاور محترم و ارجمند آقایان **دکتر ناصر فرخی** و **دکتر هادی اسدی‌رحمانی** که از پیشنهادات ارزنده ایشان بهره‌مند شدم، تشکر و قدردانی می‌کنم. همچنین از آقایان دکتر محمدرضا عامریان و دکتر علی درخشان شادمهری که زحمت بازخوانی و داوری این پایان‌نامه را پذیرفتند، کمال تشکر را دارم. از بذل توجه مخصوص این سروران بی‌نهایت سپاسگذارم و توفیق هر چه بیشتر بزرگواران را در برآورده شدن اهداف متعالی‌شان از خداوند منان مسئلت دارم.

بر خود واجب می‌دانم از مسئولین و کارشناسان محترم آزمایشگاه آقایان مهندسین حسین‌پور، شاکری، مطهری نژاد و خانم مهندس عبدالهی به خاطر همکاری‌های ایشان در استفاده از دستگاه‌ها، مواد و وسایل آزمایشگاهی کمال قدردانی را بنمایم.

مراتب سپاس خود را به حضور دوستان گرامی خانم‌ها مهندسین ریحانه بیگناه، عصمت محمدی، زهرا مرزبان، سیده محدثه قاضی‌زاده، مریم دلفانی و انیسه رستم‌زاده و سایر دوستان و سرورانی که به نحوی از الطاف بی‌ریایشان بهره‌مند گشتم تقدیم و برایشان آرزوی سعادت و شادکامی می‌کنم.

در نهایت سپاس و امتنان قلبی خود را به پیشگاه پدر و مادر عزیزتر از جانم و برادران عزیزم که ارزشمندترین افتخار و پشتوانه من در زندگی هستند، به خاطر فداکاری‌ها و حمایت‌های بی‌دریغ‌شان تقدیم می‌دارم.

فاطمه رجب‌زاده مطلق

بهمن ۹۰

تعهد نامه

اینجانب **فاطمه رجب زاده مطلق** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته **اکولوژیک** دانشکده **کشاورزی** دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه **بررسی کاربرد قارچ میکوریزا آربوسکولار، باکتری تثبیت کننده نیتروژن و کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا قرمز** تحت راهنمائی **دکتر حمیدرضا اصغری** و **دکتر مجتبی ممرآبادی** متعهد می شوم .

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است .
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است .
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه صنعتی شاهرود » و یا « Shahrood University of Technology » به چاپ خواهد رسید .
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری ، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است .

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزار ها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

چکیده

آلودگی‌های محیط زیست و به ویژه آلودگی منابع آب و خاک حاصل از استفاده بی رویه‌ی از کود-های شیمیایی، سبب آلوده شدن منابع غذایی و به خطر انداختن سلامت جامعه انسانی شده‌اند. یکی از راهکارهای مناسب برای بهبود کیفیت محصولات کشاورزی، خاک و حذف آلاینده‌ها، بکارگیری کودهای زیستی در تولید محصولات می‌باشد. لوبیا از جمله گیاهانی است که می‌تواند با باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن و قارچ‌های میکوریزای آربوسکولار همزیستی ایجاد کند. بر این اساس به منظور بررسی تأثیر قارچ میکوریزا، باکتری تثبیت کننده نیتروژن و کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا قرمز، آزمایشی در سال ۱۳۸۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود واقع در بسطام انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام گردید. فاکتورهای آزمایش شامل قارچ میکوریزا (تلقیح و بدون تلقیح با قارچ *Glomus intraradices*)، باکتری تثبیت کننده نیتروژن (تلقیح و بدون تلقیح با باکتری *Rhizobium leguminosarum*) و مصرف کود نیتروژن (۰، ۷۵ و ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار) بودند. جهت انجام آنالیزهای رشد سطح برگ و وزن خشک اندام‌ها با فواصل زمانی ۱۰-۷ روز اندازه‌گیری شدند. عملکرد و اجزای عملکرد در انتهای آزمایش مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. نتایج نشان داد که اثر اصلی قارچ میکوریزا بر روی تمامی متغیرهای اندازه‌گیری شده به غیر از تعداد گره، تعداد غلاف در بوته، شاخص برداشت و فسفر خاک معنی‌دار شد. قارچ میکوریزا عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک را به ترتیب به میزان ۱۲/۸۸ و ۱۳/۲۸ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. اثر اصلی کود نیتروژن بر روی تمامی صفات اندازه‌گیری شده به غیر از وزن خشک غلاف، تعداد دانه در غلاف، شاخص برداشت، فسفر بذر و فسفر خاک معنی‌دار شد. در بیشتر موارد بین کود سطح ۷۵ و ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار تفاوت آماری مشاهده نشد. لذا می‌توان مصرف ۷۵ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار را به جای مصرف ۱۲۵ کیلوگرم کود در هکتار توصیه کرد. مصرف کود نیتروژن سبب کاهش کلونیزاسیون ریشه با میکوریزا گردید. اثر اصلی باکتری ریزوبیوم بر تعداد گره، وزن صد دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک معنی‌دار شد و سبب افزایش در این صفات گردید. اثر متقابل میکوریزا و باکتری ریزوبیوم در وزن خشک گره و غلاف، تعداد غلاف در بوته و وزن صد دانه معنی‌دار گردید. تلقیح باکتری ریزوبیوم و قارچ میکوریزا همراه با مصرف کود شیمیایی نیتروژن در سطح ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار سبب کاهش در وزن خشک گره و تعداد گره در مرحله ۵۰ درصد گلدهی شد ولی در سطح ۷۵ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش در وزن خشک و تعداد گره گردید. استفاده از کود نیتروژن، قارچ میکوریزا و باکتری ریزوبیوم، شاخص‌های رشد را نسبت به شاهد افزایش داد. کود نیتروژن و قارچ میکوریزا تأثیر بیشتری در صفات مورد بررسی در این آزمایش داشتند.

کلمات کلیدی: لوبیا قرمز، میکوریزا آربوسکولار، ریزوبیوم لگومینوزاروم و کود نیتروژن

مقاله مستخرج از پایان نامه

بررسی کاربرد توأم قارچ میکوریزا و باکتری رایزوبیوم در سطوح مختلف نیتروژن بر برخی شاخص های رشد گیاه لوبیا قرمز. دوازدهمین کنگره علوم خاک ایران. تبریز. ۱۲ الی ۱۴ شهریور ماه ۱۳۹۰.

فهرست مطالب

مطلب **صفحه**

فصل اول: مقدمه..... ۱

فصل دوم: بررسی منابع..... ۴

۲-۱ لوبیا..... ۵

۲-۱-۱ لوبیا قرمز..... ۵

۲-۱-۲ گیاهشناسی..... ۵

۲-۱-۳ نیاز آب و هوایی..... ۶

۲-۱-۴ نیاز کودی..... ۶

۲-۱-۵ نقش نیتروژن در گیاه..... ۷

۲-۲ تأثیر کود نیتروژن بر رشد و نمو بقولات..... ۸

۲-۲-۱ اثرات نامطلوب کودهای شیمیایی بر محیط زیست..... ۹

۲-۳ تثبیت زیستی نیتروژن..... ۱۰

۲-۴ باکتری ریزوبیوم..... ۱۰

۲-۴-۱ طبقه بندی باکتری ریزوبیوم و نقش آن در همزیستی با لگوم ها..... ۱۰

۲-۴-۲ فرآیند همزیستی لگوم-ریزوبیوم..... ۱۱

۲-۴-۳ فاکتورهای مؤثر بر گره زایی و همزیستی ریزوبیوم..... ۱۳

۲-۴-۳-۱ نیتروژن و تأثیر آن بر همزیستی..... ۱۳

۲-۴-۳-۲ فسفر و تأثیر آن بر همزیستی..... ۱۴

۲-۴-۴ تأثیر همزیستی ریزوبیوم بر خصوصیات رشدی گیاه میزبان..... ۱۴

۲-۵ میکوریزای آربوسکولار..... ۱۶

۲-۵-۱ طبقه بندی قارچهای میکوریزا و چگونگی برقراری همزیستی..... ۱۶

۲-۵-۲ گسترش و کلونیزایی میکوریزا..... ۱۷

۲-۵-۲-۱ مراحل گسترش کلونیزایی قارچهای VAM..... ۱۸

۲-۵-۲-۱-۱ پیش کلونی زایی..... ۱۸

۲-۵-۲-۱-۲ کلونی زایی ثانویه..... ۱۸

۲-۵-۲-۱-۳ تشکیل آربسکول- وزیکول..... ۱۸

۲-۵-۳ فاکتورهای مؤثر بر همزیستی میکوریزایی..... ۱۸

۲-۵-۳-۱ میکوریزا و کود شیمیایی..... ۱۹

۲-۵-۳-۲ میکوریزا و باکتری ریزوبیوم ۲۰
۲-۵-۴ تأثیر همزیستی میکوریزا بر رشد و عملکرد گیاه ۲۱
فصل سوم: مواد و روش ها..... ۲۳
۳-۱ زمان و موقعیت محل اجرای آزمایش..... ۲۴
۳-۲ ویژگی‌های آب و هوایی ۲۴
۳-۳ مشخصات طرح آزمایشی و تیمارهای آزمایش..... ۲۴
۳-۴ خصوصیات خاک مورد آزمایش ۲۴
۳-۵ عملیات اجرایی..... ۲۵
۳-۶ آماده سازی زمین و کاشت ۲۵
۳-۷ مصرف باکتری ۲۵
۳-۸ مصرف قارچ میکوریزا..... ۲۶
۳-۹ مصرف کود نیتروژن ۲۶
۳-۱۰ عملیات داشت ۲۶
۳-۱۱ نمونه برداری ۲۷
۳-۱۱-۱ نمونه برداری در طی فصل رشد..... ۲۷
۳-۱۱-۲ نمونه برداری عملکرد..... ۲۷
۳-۱۲ ارزیابی صفات ۲۷
۳-۱۲-۱ تعیین میزان کلونیزاسیون ریشه ۲۸
۳-۱۲-۲ تعیین میزان فسفر خاک..... ۲۸
۳-۱۲-۳ تعیین میزان فسفر بذر ۲۸
۳-۱۳ برآورد شاخص‌های رشد ۲۹
۳-۱۳-۱ شاخص سطح برگ (LAI)..... ۲۹
۳-۱۳- ۲ سرعت رشد گیاه (CGR)..... ۲۹
۳-۱۳-۳ سرعت رشد نسبی (RGR) ۳۰
۳-۱۴ تجزیه آماری نتایج..... ۳۰
فصل چهارم: نتایج و بحث..... ۳۱
۴-۱ وزن خشک اندام هوایی ۳۲

۴-۲ وزن خشک گره ۳۶
۴-۳ تعداد گره ۴۰
۴-۴ درصد کلونیزاسیون AM ۴۳
۴-۵ فسفر بذر ۴۶
۴-۶ فسفر خاک ۴۷
۴-۷ وزن خشک غلاف در مترمربع ۴۸
۴-۸ تعداد غلاف در بوته ۵۰
۴-۹ تعداد دانه در غلاف ۵۲
۴-۱۰ وزن صد دانه ۵۳
۴-۱۱ عملکرد دانه در هکتار ۵۷
۴-۱۲ عملکرد بیولوژیک ۶۰
۴-۱۳ شاخص برداشت ۶۴
۴-۱۴ شاخص سطح برگ (LAI) ۶۵
۴-۱۵ سرعت رشد محصول (CGR) ۶۷
۴-۱۶ سرعت رشد نسبی (RGR) ۶۹
نتیجه گیری ۷۱
پیشنهادها ۷۲
پیوست ها ۷۴
منابع ۸۲

فهرست اشکال

شکل **صفحه**

شکل ۴-۱- تأثیر قارچ میکوریزا بر وزن خشک اندام هوایی ۳۳
شکل ۴-۲- تأثیر کود نیتروژن بر وزن خشک اندام هوایی ۳۳
شکل ۴-۳- اثر متقابل میکوریزا و کود نیتروژن بر وزن خشک اندام هوایی ۳۵
شکل ۴-۴- اثر متقابل باکتری ریزوبیوم و کود نیتروژن بر وزن خشک اندام هوایی ۳۵
شکل ۴-۵- تأثیر قارچ میکوریزا بر وزن خشک گره ۳۷
شکل ۴-۶- تأثیر کود نیتروژن بر وزن خشک گره ۳۷
شکل ۴-۷- اثر متقابل میکوریزا و ریزوبیوم بر وزن خشک گره ۳۹
شکل ۴-۸- اثر متقابل میکوریزا و کود نیتروژن بر وزن خشک گره ۴۰
شکل ۴-۹- اثر متقابل باکتری ریزوبیوم و کود نیتروژن بر وزن خشک گره ۴۰
شکل ۴-۱۰- تأثیر باکتری ریزوبیوم بر تعداد گره ۴۱
شکل ۴-۱۱- تأثیر کود نیتروژن بر تعداد گره ۴۲
شکل ۴-۱۲- اثر متقابل میکوریزا و کود نیتروژن بر تعداد گره ۴۳
شکل ۴-۱۳- اثر متقابل باکتری ریزوبیوم و کود نیتروژن بر تعداد گره ۴۳
شکل ۴-۱۴- تأثیر قارچ میکوریزا بر کلونیزاسیون ریشه ۴۵
شکل ۴-۱۵- تأثیر کود نیتروژن بر کلونیزاسیون ریشه ۴۵
شکل ۴-۱۶- اثر متقابل میکوریزا و کود نیتروژن بر کلونیزاسیون ریشه ۴۶
شکل ۴-۱۷- تأثیر قارچ میکوریزا بر غلظت فسفر بذر ۴۷
شکل ۴-۱۸- تأثیر قارچ میکوریزا بر وزن خشک غلاف ۴۸
شکل ۴-۱۹- اثر متقابل میکوریزا و ریزوبیوم بر وزن خشک غلاف ۴۹
شکل ۴-۲۰-اثر متقابل میکوریزا و کود نیتروژن بر وزن خشک غلاف ۴۹
شکل ۴-۲۱- تأثیر کود نیتروژن بر تعداد غلاف در بوته ۵۰
شکل ۴-۲۳- اثر متقابل میکوریزا و کود نیتروژن بر تعداد غلاف در بوته ۵۲
شکل ۴-۲۴- تأثیر قارچ میکوریزا بر تعداد دانه در غلاف ۵۲

شکل ۴-۲۵- اثر متقابل میکوریزا و کود نیتروژن بر تعداد دانه در غلاف ۵۳
شکل ۴-۲۶- تأثیر قارچ میکوریزا بر وزن صد دانه ۵۵
شکل ۴-۲۷- تأثیر باکتری ریزوبیوم بر وزن صد دانه ۵۵
شکل ۴-۲۸- تأثیر کود نیتروژن بر وزن صد دانه ۵۵
شکل ۴-۲۹- اثر متقابل میکوریزا و ریزوبیوم بر وزن صد دانه ۵۶
شکل ۴-۳۰- اثر متقابل میکوریزا و کود نیتروژن بر وزن صد دانه ۵۷
شکل ۴-۳۱- تأثیر قارچ میکوریزا بر عملکرد دانه ۵۸
شکل ۴-۳۲- تأثیر باکتری ریزوبیوم بر عملکرد دانه ۵۹
شکل ۴-۳۳- تأثیرکود نیتروژن بر عملکرد دانه ۵۹
شکل ۴-۳۴- اثر متقابل میکوریزا و کود نیتروژن بر عملکرد دانه ۶۰
شکل ۴-۳۵- تأثیر قارچ میکوریزا بر عملکرد بیولوژیک ۶۱
شکل ۴-۳۶- تأثیر باکتری ریزوبیوم بر عملکرد بیولوژیک ۶۲
شکل ۴-۳۷- تأثیر کود نیتروژن بر عملکرد بیولوژیک ۶۲
شکل ۴-۳۸- اثر متقابل میکوریزا و ریزوبیوم بر عملکرد بیولوژیک ۶۳
شکل ۴-۳۹- اثر متقابل باکتری ریزوبیوم و کود نیتروژن بر عملکرد بیولوژیک ۶۳
شکل ۴-۴۰- اثر متقابل میکوریزا و کود نیتروژن بر شاخص برداشت ۶۴
شکل ۴-۴۱- تأثیر قارچ میکوریزا بر شاخص سطح برگ ۶۶
شکل ۴-۴۲- تأثیر باکتری ریزوبیوم بر شاخص سطح برگ ۶۶
شکل ۴-۴۳- تأثیر کود نیتروژن بر شاخص سطح برگ ۶۶
شکل ۴-۴۴- تأثیر قارچ میکوریزا بر سرعت رشد محصول ۶۸
شکل ۴-۴۵- تأثیر باکتری ریزوبیوم بر سرعت رشد محصول ۶۹
شکل ۴-۴۶- تأثیر کود نیتروژن بر سرعت رشد محصول ۶۹
شکل ۴-۴۷- تأثیر قارچ میکوریزا بر سرعت رشد نسبی ۷۰
شکل ۴-۴۸- تأثیر باکتری ریزوبیوم بر سرعت رشد نسبی ۷۱
شکل ۴-۴۹- تأثیر کود نیتروژن بر سرعت رشد نسبی ۷۱

شکل پیوست ۱– نقشه کاشت آزمایش ۸۱

فهرست جداول

جدول **صفحه**

جدول پیوست ۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش ۷۵

جدول پیوست ۲- میانگین مربعات صفات مورد مطالعه تحت تأثیر میکوریزا، باکتری ریزوبیوم و کود نیتروژن ۷۶

جدول پیوست ۳- میانگین مربعات عملکرد و اجزای آن تحت تأثیر میکوریزا، باکتری ریزوبیوم و کود نیتروژن ۷۷

جدول پیوست ۴- تأثیر تیمارهای مختلف آزمایش بر روند تغییرات شاخص سطح برگ لوبیاقرمز (LAI) در طول دوره رشد ۷۸

جدول پیوست ۵- تأثیر تیمارهای مختلف آزمایش بر روند تغییرات سرعت رشد محصول لوبیاقرمز (CGR) در طول دوره رشد (گرم بر مترمربع در روز) ۷۹

جدول پیوست ۶- تأثیر تیمارهای مختلف آزمایش بر روند تغییرات سرعت رشد نسبی لوبیاقرمز (RGR) در طول دوره رشد (گرم در روز) ۸۰

فصل اول

مقدمه

مقدمه

رشد جمعیت و توسعه اقتصادی و اجتماعی کشور در دو دهه اخیر باعث شده است تا مصرف مواد پروتئینی افزایش چشمگیری یابد. بر این اساس افزایش تولید مواد پروتئینی به ویژه پروتئین‌های گیاهی که منابع ارزشمندتری در تغذیه هستند، اجتناب ناپذیر است (پارسا و باقری، ۱۳۸۷). حبوبات از مهمترین منابع گیاهی غنی از پروتئین، دومین منبع مهم غذایی انسان بعد از غلات به شمار می-رود. دانه حبوبات با دارا بودن حدود ۳۲-۱۸ درصد پروتئین در مقایسه با پروتئین‌های حیوانی در رژیم غذایی مردم، به ویژه در تغذیه افراد کم درآمد، اهمیت بسیار دارد همچنین پروتئین موجود در دانه حبوبات ۲ تا ۳ برابر غلات و ۱۰ تا ۲۰ برابر بیشتر از برخی گیاهان غده‌ای است (پارسا و باقری، ۱۳۸۷). ارزش زیستی پروتئین حبوبات به سبب دارا بودن بسیاری از اسیدهای آمینه ضروری بالا است (مجنون حسینی، ۱۳۸۷). وجود مقادیر بالایی از اسید آمینه لیزین[۱] در حبوبات می‌تواند مقدار کم این اسید آمینه را در غلات جبران نماید (پارسا و باقری، ۱۳۸۷). دانه حبوبات از لحاظ عناصر معدنی مانند آهن و کلسیم غنی هستند، و مقادیر کمی از ویتامین‌های کاروتن، ریبوفلاوین، اسید آسکوربیک و مقدار متوسطی نیاسین و تیامین نیز دارند که در سلامتی مؤثر هستند (مجنون حسینی، ۱۳۸۷). حبوبات با تثبیت زیستی نیتروژن ضمن بهبود حاصلخیزی خاک به صورت گیاهان پوششی و یا در تناوب با بسیاری از گیاهان زراعی در جلوگیری از فرسایش خاک مؤثر هستند و نقش مهمی را در پایداری نظام‌های کشاورزی ایفا می‌نمایند (پارسا و باقری، ۱۳۸۷).

محدودیت اراضی مستعد و قابل کشت همراه با افزایش تقاضا برای مواد غذایی، محققین بخش کشاورزی را با چالش بزرگی روبرو نموده است. به همین جهت، در شرایطی که عملاً توسعه اراضی کشور مقدور نیست، بیشتر نگاه‌ها به افزایش عملکرد در واحد سطح معطوف شده است. از مؤلفه‌های اساسی افزایش عملکرد محصولات، مصرف بیشتر نهاده‌ها به ویژه کودهای شیمیایی است. در بسیاری

۱- Lysine

موارد کاربرد کودهای شیمیایی باعث بروز مشکلات زیست محیطی، بهداشتی، اقتصادی شده است و تأثیر سویی بر چرخه زیستی و خود پایداری بوم نظام‌های زراعی دارد. کاربرد گسترده کودهای شیمیایی نیتروژن سبب آلودگی منابع آب و خاک و ایجاد بیماری‌های مختلف در انسان می‌شود (قربانی، ۱۳۸۶). برای کاهش این مخاطرات باید از منابع و نهاده‌هایی استفاده کرد که علاوه بر حداکثر تولید، توجه به کیفیت خاک و رعایت بهداشت و ایمنی محیط زیست لحاظ گردد.

یکی از راهکارهای مهم، استفاده از میکروارگانیسم‌های مفید خاکزی تحت عنوان کودهای زیستی می‌باشد.

از کودهای زیستی به عنوان راه حلی برای زنده و فعال نگه داشتن سیستم حیاتی خاک در اراضی کشاورزی یاد می‌شود. کود زیستی به تأمین عناصر غذایی به صورتی کاملاً متناسب با تغذیه طبیعی گیاهان، کمک به تنوع زیستی، تشدید فعالیت‌های حیاتی، بهبود کیفیت و حفظ سلامت محیط زیست و در مجموع حفظ و حمایت از سرمایه‌های ملی (خاک، آب و منابع انرژی غیر قابل تجدید) می‌پردازد (صالح راستین، ۱۳۸۰). کودهای زیستی در برخی موارد به عنوان جایگزین و در بیشتر موارد به عنوان مکمل کودهای شیمیایی، پایداری تولید را در سیستم‌های کشاورزی تضمین می‌کنند (صالح راستین، ۱۳۸۰). از این رو استفاده از این کودها نظیر قارچ‌های میکوریزای وزیکولار آربوسکولار و میکروارگانسیم‌های تثبیت کننده نیتروژن در کشاورزی، علاوه بر افزایش جمعیت و فعالیت میکروارگانسیم‌های مفید خاک، در جهت فراهم کردن عناصر غذایی مورد نیاز گیاه مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم عمل می‌نمایند و سبب بهبود رشد و عملکرد گیاهان زراعی می‌گردند (آرانکون و همکاران، ۲۰۰۴).

قارچ‌های خاکزی میکوریزا یکی از ریزموجودات همزیست با ریشه گیاهان هستند که دارای کارکرد چند منظوره در بوم نظام های زراعی می‌باشند که بطور بالقوه سبب بهبود کیفیت فیزیکی (از طریق گسترش ریسه‌های قارچ) شیمیایی (از طریق افزایش جذب عناصر غذایی) و زیستی خاک (از طریق شبکه غذایی خاک) می‌شوند (کاردوسو و کوپر، ۲۰۰۶).

از جمله میکروارگانیسم‌های تثبیت کننده نیتروژن می‌توان به باکتری‌های ریزوبیوم اشاره نمود که در گروه باکتری‌های محرک رشد گیاه قرار دارند که به تولید هورمون‌های محرک رشد گیاه، انحلال فسفات‌های آلی و معدنی و تولید سیدروفور می‌پردازند همچنین اثرات مثبتی روی رشد و مورفولوژی ریشه، بهبود رابطه همزیستی با گیاهان لگوم میزبان و تحریک ایجاد همزیستی میکوریزایی را دارند (ویسی، ۲۰۰۳).

با توجه به مقدمه و اهمیت موضوع اهداف زیر در تحقیق حاضر مورد مطالعه قرار می‌گیرد:

- بررسی تأثیر کود نیتروژن بر میزان فعالیت باکتری تثبیت کننده نیتروژن در خاک و ریشه گیاه
- ارزیابی تأثیر توأم قارچ‌های میکوریزا و باکتری تثبیت کننده نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه لوبیاقرمز
- ارزیابی تأثیر توأم کودهای شیمیایی و کودهای زیستی بر رشد گیاه

فصل دوم

بررسی منابع

۲-۱ لوبیا

لوبیا با داشتن حدود ۲۲ درصد پروتئین و ۵۰ تا ۶۰ درصد کربوهیدارت، از نظر ارزش غذایی جایگزین خوبی برای گوشت می‌باشد (باقری و همکاران، ۱۳۸۰). این محصول در بین حبوبات جهان دارای بیشترین سطح زیر کشت است. متوسط آمار سال‌های ۲۰۰۲ تا ۲۰۰۴ بیانگر آن است که سطح زیر کشت این محصول ۲۶/۴ میلیون هکتار با تولید کل ۱۸/۸ میلیون تن و عملکرد ۷۱۱ کیلوگرم در هکتار بوده است (فائو، ۲۰۰۴). قاره آسیا و آمریکا به ترتیب با بیش از ۴۰ و ۳۰ درصد بالاترین سطح زیر کشت لوبیا را به خود اختصاص داده‌اند (مجنون حسینی، ۱۳۷۸). سطح زیر کشت لوبیا در ایران در سال ۸۳ تا ۸۴، ۱۱۱ هزار هکتار گزارش شده است (پارسا و باقری، ۱۳۸۷). لوبیای معمولی شامل انواع مختلفی از لوبیاهای خشک (لوبیا قرمز، لوبیا سفید، لوبیا چیتی و لوبیاکرم) و لوبیاسبز می‌باشد (پارسا و باقری، ۱۳۸۷).

۲-۱-۱ لوبیا قرمز

لوبیا قرمز (Scarlet runner, Rice bean و Red bean) را به شکل‌های قلوه‌ای، استوانه‌ای، کروی درشت و ریز می‌توان دید. ارقام ناز، گلی، بهمن، صیاد و درخشان از ارقام معمول مورد کشت وکار در ایران هستند که بر حسب شرایط آب و هوایی و روش‌های به‌زراعی از ۱۸۰۰ تا ۳۵۰۰ کیلوگرم در هکتار محصول می‌دهند. لوبیاقرمز علاوه بر پروتئین و فیبر کافی، منبع خوبی از مواد آنتی اکسیدان و ضد سرطان به شمار می‌رود (مجنون حسینی، ۱۳۸۷).

۲-۱-۲ گیاهشناسی

لوبیا به طور پراکنده در آمریکای مرکزی و جنوبی اهلی شده است. مک کلین و همکاران منطقه پرو در آمریکای مرکزی را به عنوان مبدأ لوبیا گزارش کرده‌اند (شارون اندرسون، ۲۰۰۳). لوبیا با نام

علمی *Phaseolus vulgaris* L. دارای ۲۲ کروموزوم بوده و گیاهی خودگشن، یکساله، بالا رونده یا بوته‌ای، با ریشه عمودی و جانبی توسعه یافته و گاهی دارای گره‌های کروی است. ساقه آن گوشه‌دار یا شبه استوانه‌ای می‌باشد. برگ‌های لوبیا متناوب و سه قسمتی است. گل‌آذین محوری یا انتهایی و دارای چند گل به رنگ سفید، صورتی، سوسنی یا ارغوانی است. شکل غلاف، خطی حداکثر با طول ۲۰ سانتی‌متر، راست و گاهی با انحنا است. دانه‌ها از نظر اندازه، شکل و رنگ متنوع هستند. جوانه‌زنی بذر نیز به صورت اپی‌جیل[۱] (برون خاکی) می‌باشد. (پارسا و باقری، ۱۳۸۷).

۲-۱-۳ نیاز آب و هوایی

از آنجا که مبدأ اصلی لوبیا مناطق گرمسیری است این گیاه در سایر مناطق که درجه حرارت محیط کمتر از ۱۰ درجه سانتی‌گراد نباشد جوانه خواهد زد. لوبیا گرما دوست، و به سرما و یخبندان بسیار حساس است. دمای مناسب برای رشد و نمو حدود ۳۰- ۲۵ درجه سانتی‌گراد است. لوبیا به خشکی و سایر تغییرات نامناسب محیطی واکنش نشان می‌دهد و راندمان محصول آن تحت تأثیر قرار می‌گیرد. لوبیا را در انواع خاک‌ها می‌توان کشت نمود اما خاک مناسب باید نفوذپذیر و از نظر مواد غذایی غنی باشد. در مناطق معتدل و گرمسیر که مقدار بارندگی متوسط ۱۵۰۰- ۲۰۰ میلی‌متر است می‌توان به کشت آن اقدام کرد (مجنون حسینی، ۱۳۸۷).

۲-۱-۴ نیاز کودی

در زمین‌هایی که لوبیا کاری می‌شود باید مواد معدنی خاک به حد کافی باشد و مواد آلی خاک محافظت شود (یادگاری و برزگر،۱۳۸۶). لوبیا نیز مانند سایر لگوم‌ها تثبیت نیتروژن انجام می‌دهند که

۱- Epigeal

شاید فقط ۵۰ درصد نیاز خود به نیتروژن را بتواند از این فرآیند تأمین نمایند. لذا مصرف کود نیتروژن به افزایش تثبیت نیتروژن و افزایش عملکرد لوبیا به میزان ۸/۵ درصد کمک خواهد نمود (مجنون حسینی، ۱۳۸۷). وجود عناصر غذایی از جمله نیتروژن، فسفر، روی، مولیبدن و آهن در افزایش گره-بندی لوبیا بسیار مهم است (مکنزی و همکاران، ۲۰۰۱) .

کمبود فسفر یکی از مهمترین عوامل محدود کننده تثبیت نیتروژن مولکولی محسوب می‌شود. گیاهانی که قادر به تثبیت نیتروژن مولکولی هستند، در مقایسه با گیاهان مصرف کننده نیتروژن معدنی، به مقادیر بیشتری از عنصر فسفر نیازمندند. این نیاز شدید به فسفر نشان دهنده نقش حیاتی آن در انتقال انرژی در تثبیت نیتروژن می‌باشد (لیونگ و باتوملی، ۱۹۸۷).

۲-۱-۵ نقش نیتروژن در گیاه

نیتروژن نخستین عنصر غذایی است که کمبود آن درخاک‌های مناطق خشک و نیمه خشک مطرح می‌شود (ملکوتی، ۱۳۸۴). فقدان نیتروژن غالباً رشد گیاه را در طبیعت و در کشاورزی محدود می‌سازد (مجنون حسینی، ۱۳۸۷). منبع اصلی نیتروژنی که به وسیله گیاهان استفاده می‌شود گاز N_2 است که ۷۸ درصد هوا را تشکیل می‌دهد (ملکوتی، ۱۳۸۴). این منبع عظیم نیتروژن تقریباً در دسترس تمامی موجودات زنده وجود دارد ولی این منبع فقط برای تعداد محدودی از پروکاریوت‌ها که از آنها تحت عنوان دیازوتروف‌ها یاد می‌شود قابل استفاده است (استاسی و همکاران، ۱۹۹۲).

نیتروژن برای تمامی فرآیندهای حیاتی گیاه ضروری است. فراهمی نیتروژن برای گیاه تعیین کننده رشد، شادابی، رنگ و عملکرد آن است (جامی الاحمدی و همکاران، ۱۳۸۵). این عنصر جزء اصلی ترکیبات حیاتی چون اسیدهای نوکلئیک، پروتئین‌ها، آنزیم ها و ترکیباتی مانند آدنوزین تری فسفات (ATP) که منبع انرژی شیمیایی برای سلول است، می‌باشد (کاندراسکار و همکاران، ۲۰۰۵).

گیاه تنها بخشی از نیتروژن را جذب می‌کند، در حالی که بخشی از آن به صورت نیتروژن آلی در بقایای گیاهی، میکروب‌ها و غیره در خاک‌ها رها و مقداری نیز از طریق تبخیر، آبشویی و دنیتریفیکاسیون از نظام خارج می‌شود (جامی الاحمدی و همکاران، ۱۳۸۵).

۲-۲ تأثیر کود نیتروژن بر رشد و نمو بقولات

کودهای نیتروژن بطور کلی بر رشد و نمو گیاه، افزایش عملکرد و شکل‌گیری همزیستی با باکتری-های همزیست گیاه نقش دارند. دسترسی بیشتر به نیتروژن، قابلیت جذب، تجمع ماده خشک و انتقال مواد غذایی را در مراحل اولیه رشد به نحو چشمگیری افزایش می‌دهد که به نوبه خود عملکرد را بهبود می‌دهد (کومار و همکاران، ۲۰۰۲؛ شارما و همکاران، ۲۰۰۳). کودهای نیتروژن، مقدار واردات نیتروژن از قسمت‌های رویشی به دانه را در مقایسه با کربوهیدرات‌ها افزایش می‌دهد که همین انتقال غلظت نیتروژن دانه و درصد پروتئین آن را افزایش می‌دهد (کیم و پالسن، ۱۹۸۶). اما در مقادیر زیاد کود نیتروژن، بخش قابل توجهی از کل محتوی نیتروژن به جای اسیدهای آمینه یا پروتئین‌ها به صورت یون‌های نیترات خواهد بود (امام و نیک نژاد، ۱۳۷۲). رشد رویشی بهتر، توسعه کانوپی و در نتیجه استفاده مناسب‌تر از تشعشع خورشیدی در فتوسنتز متأثر از نیتروژن قابل جذب است (مارشچنر، ۱۹۹۵). نتایج پژوهش‌های گراهام و رانالی(۱۹۹۷) نشان داد دسترسی میزان نیتروژن برای گیاه و اثر مثبت آن در طی پر شدن دانه از طریق افزایش دوام شاخص سطح برگ و تخصیص بیشتر مواد سبب افزایش تعداد دانه در شرایط آزمایش شد. همچنین تحقیقات محققین نشان داد که تولید ماده خشک اندام هوایی در سویا در مرحله گلدهی و در مرحله رسیدن تحت تاثیر کاربردهای کودهای شیمیایی بود (یو و همکاران، ۲۰۰۲).

علاوه بر نقش کودهای نیتروژنه بر پر شدن دانه و درصد پروتئین می‌توان به نقش این کودها در تثبیت ازت نیز اشاره کرد. شواهد زیادی وجود دارد که لوبیا برای شروع و قبل از آغاز فعالیت باکتری ریشه به مقداری کود نیتروژنه به عنوان شروع کننده نیاز دارد. از طرفی کاربرد نیتروژن به صورت کود

به مقدار کم باعث افزایش کل نیتروژن در گیاه یا در واحد سطح می‌شود. ولی کاربرد زیاد نیتروژن به صورت کود اثرات مهار کنندگی بر روی فعالیت آنزیم تثبیت کننده نیتروژن دارد. تجمع غلظت‌های منفی نیترات در گرهک‌ها منتهی به کاهش فعالیت باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن (کاهش آنزیم نیتروژناز) می‌شود (مجنون حسینی، ۱۳۷۵). مصرف غلظت‌های کم نیتروژن، از طریق تحریک تشکیل گره‌زایی، تحریک فعالیت نیتروژناز و افزایش رشد گیاه می‌تواند اثر تشدید کنندگی بر تثبیت نیتروژن داشته باشد (لیند و انسون، ۱۹۹۰). اما افزودن مقدار زیاد نیتروژن باعث کاهش نفوذ باکتری به تارهای کشنده ریشه، کاهش تعداد و توده گره و کاهش فعالیت تثبیت نیتروژن ریشه‌های گره‌دار و مقدار کل نیتروژن تثبیت شده در بقولات می‌گردد (اگلیشام و همکاران، ۱۹۸۳).

۲-۲-۱ اثرات نامطلوب کودهای شیمیایی بر محیط زیست

کودهای شیمیای نمک‌های مقوی و مخربی هستند که در دراز مدت خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک را تخریب، نفوذپذیری خاک را کاهش، وزن مخصوص ظاهری را افزایش، نفوذ ریشه گیاهان را دچار مشکل و در نهایت کاهش عملکرد را به همراه دارد. بدیهی است که این اثرات تخریبی کودهای شیمیایی بر خاک و گیاه یک طرف قضیه را تشکیل می‌دهند، از طرف دیگر موضوع مسائل مهم‌تری است که همانا خصوصیات کیفی تولیدات، مسائل زیست محیطی و آلودگی آب‌های زیرزمینی می‌باشد (ملکوتی، ۱۳۸۴).

کاربرد کودهای شیمیایی به میزان زیاد، به ویژه کودهای نیتروژنه سبب ایجاد تغییرات فیزیولوژیکی در گیاه می‌شود و همچنین منجر به گسترش بعضی از حشرات، کنه‌ها و عوامل بیماری‌زا می‌گردد (ملکوتی، ۱۳۸۴). علاوه بر آن کاربرد کودهای نیتروژنه به میزان زیاد افزایش تلفات نیتروژن از طریق آبشویی و دنیتریفیکاسیون و پیامدهای محیطی بسیاری به دنبال دارد از قبیل افزایش مقادیر نیترات در آب‌های سطحی و زیرزمینی، سرشارسازی منابع آب (تولید اولیه بیش از حد بوم نظام‌های آبی بر اثر افزایش موجودی عناصر غذایی گیاهی)، اسیدی شدن خاک‌ها و آب‌های سطحی(به دلیل ته

نشست آمونیاک و اکسیدهای نیتروژن) و همچنین افزایش میزان گاز N_2O در جو به عنوان یک گاز گلخانه‌ای که در گرم شدن جهان و شکسته شدن لایه استراتوسفری ازن سهیم می‌باشد (جامی الاحمدی و همکاران، ۱۳۸۵).

۲-۳ تثبیت زیستی نیتروژن

بدون شک تثبیت زیستی نیتروژن بهترین و مهمترین راهی است که خاک به طور طبیعی از نیتروژن سرشار می‌شود. در طی این فرآیند زیستی که توسط گونه‌های متعددی از میکروارگانیسم‌های پروکاریوت و به کمک سیستم آنزیمی نیتروژناز صورت می‌گیرد سالانه به طور طبیعی مقادیر زیادی نیتروژن اتمسفری (حدود ۱۷۰ میلیون تن) به اکوسیستم‌های طبیعی وارد می‌شود. این نیتروژن عمدتا به فرم آلی می‌باشد که هیچ یک از مشکلات اقتصادی و زیست‌محیطی ناشی از مصرف کودهای شیمیایی نیتروژنه را به همراه ندارد در این میان سیستم همزیستی لگوم-ریزوبیوم از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است زیرا حدود ۵۰ درصد کل تثبیت نیتروژن را در سطح جهانی بر عهده دارد و ارزش اقتصادی این مقدار نیتروژن سالانه بالغ بر ۸۵ میلیارد تخمین زده شده است (پیرولی بیرانوند، ۱۳۷۸).

۲-۴ باکتری ریزوبیوم

۲-۴-۱ طبقه‌بندی باکتری ریزوبیوم و نقش آن در همزیستی با لگوم‌ها

نام ریزوبیوم در سال ۱۸۸۹ توسط فرانک پیشنهاد و در سال ۱۹۲۶ رسماً برای باکتری‌های همزیست بقولات که تثبیت کننده نیتروژن هستند، پذیرفته شد. در طبقه‌بندی اولیه، ریزوبیوم‌ها در یک جنس و پنج گونه به نام‌های *Rhizobium leguminosarum*، *R. phaseoli*، *R. japonicum*، R. *meliloti* و R. *trifoli* طبقه‌بندی شدند. که اخیراً با تغییرات در رده‌بندی این باکتری‌ها، پنج جنس

مختلف به نام‌های ریزوبیوم[۱]، مزو ریزوبیوم[۲]، سینو ریزوبیوم[۳]، برادی ریزوبیوم[۴] و آزو ریزوبیوم[۵] پذیرفته شد. ریزوبیوم‌ها در دمای بین ۳۵-۲۵ درجه سانتی‌گراد به طور مطلوبی رشد می‌کنند. خاک‌های دارای رس یا مواد آلی زیاد ممکن است نقش حفاظت کننده‌ای علیه اثرات شدید دمای بالا داشته باشند. شرایط غرقاب و همچنین خیس بودن خاک برای بقای ریزوبیوم‌ها مضر است. بقای ریزوبیوم ها در خاک به شدت تحت تأثیر میکروب‌های آنتاگونیست قرار می‌گیرد. باکتری و قارچ‌های خاک می‌توانند نقش بازدارندگی یا تحریک کنندگی برای رشد ریزوبیوم‌ها در محیط کشت داشته باشند (پارسا و باقری، ۱۳۸۷).

کاهش زیستی نیتروژن اتمسفری به آمونیوم (تثبیت نیتروژن)، بخش عمده‌ای از نیتروژن قابل استفاده زیست‌کره را تولید می‌کند که در همزیستی بقولات-ریزبیوم قابل مشاهده است (الیاس و همکاران، ۲۰۰۸). این باکتری‌ها گاز نیتروژن موجود در هوای حفره‌های خاک را به اسیدهای آمینه‌ای مانند آسپارژین، آلانین و متیونین که سازنده ساختار واحدهای پروتئین هستند برای گیاه تبدیل می-کند، باکتری در عوض از کربوهیدارت مازاد تولیدی توسط گیاه میزبان بهره‌برداری می‌نماید (شارون اندرسون، ۲۰۰۳).

۲-۴-۲ فرآیند همزیستی لگوم-ریزوبیوم

قبل از تشکیل گره ترکیبات فنلی ویژه (فلاونوئیدها: فلاون‌ها، فلاوانون‌ها یا ایزوفلاون‌ها) و بتایین‌ها از ریشه بقولات آزاد می‌شوند (فیلیپس و همکاران، ۱۹۹۴). فلاونوئیدها به یک فرآورده ژن باکتریایی متصل شده و سپس با یک راه‌انداز ویژه در ژنوم *Rhizobium* برهم کنش می‌نمایند. این راه‌اندازها با

۱- Rhizobium
۲- Mezorhizobium
۳- Sinorhizobium
٤- Bradyrhizobium
٥- Azorhizobium

ژن‌هایی رابطه دارند که موجب تشکیل گره می‌شوند. به دنبال آزاد شدن فلاونوئیدها توسط میزبان و آزاد شدن عوامل گره توسط ریزوبیوم، باکتری‌ها به سرعت در رایزوسفر تکثیر می‌شوند. باکتری‌ها به تارهای کشنده ریشه چسبیده و تارهایی را که رشدشان به تازگی متوقف شده است را تحت تأثیر قرار می‌دهند. سپس دیواره سلولی تارهای کشنده‌ای که تحت تأثیر قرار گرفته‌اند از راس تا حدودی تجزیه می‌شوند، در این فرآیند تارهای کشنده پیچیده می‌شوند وباکتری‌ها به آن‌ها می‌چسبند. در مناطقی از تارهای ریشه که به علت وجود ریزوبیوم‌ها تغییر شکل یافته‌اند، دیواره سلولی تجزیه شده و امکان ورود باکتری به ریشه فراهم می‌شود. یک رشته همزیستی با پیچ خوردن دیواره سلولی تشکیل می-شود. رشته همزیستی به سمت تارهای ریشه رشد کرده و مجرایی برای رسیدن باکتری‌ها به کورتکس ایجاد می‌کند (وانس، ۱۹۹۶). ژن‌های ویژه سپس در کورتکس داخلی و دایره‌محیطی فعال می‌شوند. تقسیمات سلولی در کورتکس داخلی آغاز می‌شود و در نتیجه به دلیل وجود ریزوبیوم‌ها یک مریستم تازه شکل می‌گیرد.این مریستم باعث تشکیل گره می‌شود. رشته همزیستی به سمت داخل رشد می-کند و سرانجام‌ها به سیتوپلاسم سلول‌های پارانشیمی مرکز گره در حال شکل‌گیری می‌رسند. در داخل سلول گیاه میزبان آلوده باکتری‌ها تا مدتی به تقسیم ادامه می‌دهند و به باکتروئید تمایز می-یابند. در اکثر بقولات باکتروئیدها توسط یک غشای پری باکتروئید احاطه می‌شوند تا یک واحد همزیستی تشکیل شود (وایت‌هد و دی، ۱۹۹۷). نوع اول واحدهای همزیستی بیشتر طویل و گره‌های استوانه‌ای شکل دارند که نامحدود (مریستمی)[۱] خوانده می‌شوند و در شبدر و نخود دیده می‌شوند و نوع دوم معمولاً کروی شکل بوده و گره‌های محدود (بدون مریستم)[۲] خوانده می‌شوند که در لوبیا و سویا دیده می‌شوند (وانس، ۱۹۹۶).

۱- Indeterminate
۲- Determinate

۲-۴-۳ فاکتورهای مؤثر بر گره‌زایی و همزیستی ریزوبیوم

صرف نظر از سیستم ژنتیکی گیاه میزبان و ریزوبیوم، عوامل متعدد خاکی، تغذیه‌ای و زیستی در تشکیل گره و تثبیت نیتروژن طی رشد گیاه در شرایط مزرعه موثر است. عوامل خاکی مانند درجه حرارت، رطوبت و گازها، عوامل شیمیایی مانند شوری یا قلیائیت خاک، فشارهای تغذیه‌ای و عوامل زیستی مانند روابط متقابل رقابت آمیز و همکاری بین موجودات زنده خاک و طرفین همزیستی، بیشترین اهمیت را در افزایش کارایی همزیستی دارند (پارسا و باقری، ۱۳۸۷). از عوامل تغذیه‌ای مؤثر بر گره‌زایی و همزیستی باکتری‌های ریزوبیوم می‌توان به میزان نیتروژن و فسفر خاک اشاره کرد.

۲-۴-۳-۱ نیتروژن و تأثیر آن بر همزیستی

وجود ترکیبات نیتروژن در خاک می‌تواند کاهش یا افزایش دهنده فرآیند تثبیت نیتروژن باشد. میزان نیتروژن زیاد خاک (به صورت نیترات یا آمونیوم)، آلودگی ریشه توسط باکتری‌ها، تشکیل و رشد گرهک‌ها و تثبیت نیتروژن را مختل و متوقف می‌سازد (مجنون حسینی، ۱۳۸۷). کودهای آمونیومی به طور مستقیم مانع فعالیت نیتروژناز می‌شوند. همچنین نیترات عامل بازدارنده گره‌بندی است و از تولید لکتین[۱] (پلی ساکارید پروتئینی) در سطح خارجی ریشه گیاه جلوگیری می‌نماید و باعث کاهش میزان اتصال ریزوبیوم به سطح ریشه‌ها می‌شود همچنین کاربرد نیترات به طور مداوم وزن گره‌ها را کاهش می‌دهد (مجنون حسینی، ۱۳۸۷). الکساندر (۱۹۷۸) نشان داد که نیتروژن معدنی بیش از حد، گره‌زایی، تارهای کشنده ریشه و سنتز لگ‌هموگلوبین را کاهش می‌دهد. و این اثر بازدارندگی برگره‌زایی سبب کاهش تعداد گره نیز می‌شود (الیاس و همکاران، ۲۰۰۸) زیرا کربوهیدارت‌های موجود که از ساقه به سیستم ریشه تراوش می‌کنند کاهش می‌یابند و بدین ترتیب رشد ریزوبیوم ضعیف می‌گردد که سبب کاهش تثبیت زیستی نیز می‌شود (تلت و عبدآلا، ۲۰۰۸).

۱- Lectin

البته تحقیقات نشان می‌دهد زمانی که نیتروژن قابل دسترس خاک در شروع فصل رشد حبوبات کم است، می‌تواند عملکرد، گره‌زایی و تثبیت نیتروژن کاهش می‌یابد (پارسا و باقری، ۱۳۸۷). ایمسند (۱۹۹۲) بیشترین عملکرد سویا را در نتیجه تلقیح مطلوب باکتری و مصرف کود نیتروژن بدست آورد. در کنار نیتروژن می‌توان به نقش فسفر در برقراری همزیستی اشاره کرد.

۲-۴-۳-۲ فسفر و تأثیر آن بر همزیستی

وجود فسفر کافی شرط ضروری برای گره‌زایی و فعالیت گره‌ها در گیاهان بقولات است (غلامی و کوچکی، ۱۳۸۰). فسفر در تأمین انرژی همزیستی نقش حیاتی را ایفا می‌کند. گره‌های ریشه برای شکل‌گیری معمولا ۲ تا ۳ برابر بیشتر از ریشه به فسفر نیاز دارند (موسه، ۱۹۸۶). فسفر در گره‌بندی، تعداد، حجم و وزن گره، رشد گیاهان میزبان و فرآیند تثبیت نیتروژن اثر دارد و در صورت وجود مقادیر کافی فسفر در گیاه، تثبیت نیتروژن مولکولی به سرعت شروع شده و با افزایش میزان این عنصر در گیاه مقدار نیتروژن نیز افزایش می‌یابد (اسپرینت، ۱۹۹۰).

۲-۴-۴ تأثیر همزیستی ریزوبیوم بر خصوصیات رشدی گیاه میزبان

ریزوبیوم‌ها علاوه بر اثر گذاری مطلوب بر تثبیت نیتروژن، محرک رشد گیاه نیز می‌باشند (آستروم و همکاران، ۱۹۹۳). این باکتری‌ها از طریق سنتز هورمون‌های محرک رشد مثل ایندول استیک اسید، جیبرلین‌ها و سیتوکنین‌ها باعث رشد گیاهان، جوانه زنی بذرها، ریشه‌زایی و گسترش ریشه می‌گردند (کارلتی، ۲۰۰۲). همچنین با سنتز انواع ویتامین‌ها و اسیدهای آمینه رشد و کیفیت محصول را افزایش و از طریق فرآیندهای مختلف باعث ایجاد مقاومت سیستمیک در گیاهان می‌شوند. این مقاومت باعث می‌شود گیاه، تنش‌های محیطی مانند عدم تهویه، آلودگی به عناصر سنگین، شوری، تنش‌های خشکی، آفات و بیماری‌ها را تحمل کند. این باکتری‌ها با ایجاد حالت آنتی‌بیوز، تولید سیدروفورها و ترشح آنزیم‌های کیتیناز و گلوکوناز قادرند میزان نماتدها، آفات و عوامل بیماری‌زای

گیاهی را در خاک کاهش یا فعالیت آن‌ها را متوقف کنند (گلیک و همکاران، ۲۰۰۲). در تحقیق هانی‌آنتون و همکاران (۱۹۹۸) گزارش شده است که برادی‌ریزوبیوم‌ها که باکتری‌های همزیست در بقولات هستند قادرند به عنوان باکتری‌های تنظیم کننده در غیر بقولات از جمله تربچه نقش داشته باشند و منجر به تولید هورمون‌های گیاهی، سیدروفورها و سیانید هیدروژن شوند و به عنوان آنتاگونیست در مقابل عوامل بیماری‌زای گیاهی نقش ایفا نمایند.

از فعالیت‌های مفید دیگر ریزوبیوم‌ها می‌توان به توانایی انحلال فسفات‌های آلی و معدنی، اثرات مثبت بر مورفولوژی ریشه، بهبود رابطه همزیستی با میزبان و تحریک ایجاد همزیستی میکوریزایی اشاره کرد (ویسی، ۲۰۰۳). این باکتری‌ها قابلیت جذب عناصری مانند فسفر، پتاسیم، کلسیم و آهن را افزایش می‌دهند و به حلالیت آلکالوئیدها در گیاه کمک می‌کنند (صالح راستین، ۱۳۷۵). تلت و عبدآلا (۲۰۰۸) بیان کردند که تلقیح باقلا با ریزوبیوم گره‌زایی و تثبیت نیتروژن را افزایش می‌دهد که در نتیجه، ترشحات مواد مغذی و مواد نیتروژن‌دار به خاک افزایش می‌یابد و سبب افزایش میکروفلورهای رایزوسفر و در نهایت انحلال فسفات و افزایش فسفر قابل دسترس می‌گردند. جان-مانجی و همکاران(۲۰۰۱) گزارش کرده‌اند تلقیح بذور با ریزوبیوم‌ها اثر مطلوبی بر افزایش کل ماده خشک می‌گذارد، اندازه و کیفیت بذر مطلوب‌تر می‌گردد و تثبیت نیتروژن در خاک بیشتر می‌شود. پژوهش سیوارمیه و همکاران(۲۰۰۷) نشان داد تلقیح نخود با باکتری ریزوبیوم سبب افزایش وزن خشک اندام هوایی و عملکرد گیاه می‌شود.

به هر حال گره‌بندی ضعیف و عدم پاسخ به عمل تلقیح توسط باکتری در آزمایش‌های مزرعه‌ای متعددی در جهان گزارش شده است. در خاک‌هایی که جمعیت بومی باکتری زیاد است و پتانسیل معدنی شدن نیتروژن بالایی دارند، عمل تلقیح در صفات اندازه‌گیری شده تأثیر نداشته است. در خاک‌هایی که دارای جمعیت متوسط باکتری یا میزان نیتروژن متوسطی هستند، هر چند عمل تلقیح تأثیری در افزایش عملکرد ندارد، ولی در مقدار جذب نیتروژن افزایش نشان می‌دهد (اسدی‌رحمانی، ۱۳۷۸ و ۱۳۸۰).

۲-۵ میکوریزای آربوسکولار

میکوریزا به نوعی رابطه همزیستی بین برخی قارچ‌های خاکزی با ریشه گیاهان اشاره دارد و به عنوان یک کود زیستی، برای افزایش محصولات کشاورزی دارای اهمیت هست (میشرا، ۲۰۰۷). قارچ میکوریزای آربوسکولار (VAM[۱]) با ریشه ۸۰ درصد گیاهان ایجاد همزیستی می‌کنند. این اجتماع همزیست، جذب مواد غذایی را در گیاه افزایش می‌دهد. و در عوض در طی این همزیستی میکوریزا، لیپیدها و کربوهیدرات‌های خود را از ریشه گیاه میزبان بدست می‌آورد (هارش و همکاران، ۲۰۰۶). همزیستی میکوریزایی سبب تسهیل در جذب فسفر، نیتروژن و کلسیم، افزایش رشد ریشه‌های موئین، افزایش جذب آب و کارایی بیشتر استفاده از آب، تشدید فعالیت تثبیت نیتروژن به دلیل بهبود تغذیه گیاهان میزبان، افزایش در تولیدات هورمون‌های گیاهی و بهبود خصوصیات فیزیکی خاک می‌شود (هارش و همکاران، ۲۰۰۶).

۲-۵-۱ طبقه بندی قارچ‌های میکوریزا و چگونگی برقراری همزیستی

بر اساس تفاوت‌های مورفولوژیک، انواع میکوریزا به دو گروه کلی اکتومیکوریزا[۲] (بیرونی) و اندومیکوریزا[۳] (داخلی) تفکیک شده‌اند. نوع اول اکثراً در ریشه درختان و نوع دوم بیشتر در ریشه گیاهان زراعی و مرتعی دیده می‌شوند. یکی از مهمترین انواع اندومیکوریزاها، میکوریزای آربوسکولار (AM) می‌باشد که از نظر کشاورزی اهمیت فوق العاده زیادی دارد (شارما و جوهری، ۲۰۰۲).

قارچ‌های میکوریزا داخلی از فضای بین سلولی و یا از درون سلول‌های اپیدرمی به داخل ریشه راه می‌یابند و در بین سلول‌های پوست ریشه و همین طور در درون آن‌ها توسعه پیدا می‌کنند و اندام‌های

۱- Vesicular Arbuscular Mycorrhizae
۲- Ectomycorrhiza
۳- Endomycorrhiza

اختصاصی به نام آربوسکول[1] و وزیکول[2] را در داخل ریشه بوجود می‌آورند. آربوسکول از انشعابات مکرر انتهای هیف در داخل سلول به وجود می‌آید و محل تبادل متابولیت‌ها بین سلول گیاهی و قارچ می‌باشد. وزیکول نیز از تورم انتهای هیف در بین و یا در درون سلول‌های پوست ریشه تشکیل می‌شود و نقش اندام ذخیره‌ای را به عهده دارد (هایمن، ۱۹۸۳).

۲-۵-۲ گسترش و کلونی‌زایی میکوریزا

کلونی‌زایی در سیستم ریشه‌ای گیاه می‌تواند با اسپور قارچ، مسیلیوم‌های خارجی و ریشه‌های از قبل کلونی شده صورت گیرد که به مخلوط این‌ها، پروپاگول می‌گویند. اگر اسپورها به عنوان منبع کلونی‌زایی به کار روند رشد سریع‌تری را نسبت به حالتی که یک ریشه ساده رشد می‌کند ایجاد می‌کنند، زیرا اسپورها می‌توانند یک یا چندین ریشه رویشی تولید کنند. با حضور قارچ، گیاه با ترشحاتی از قبیل هورمون‌های رشد مثل سیتوکینین و ایندول استیک اسید باعث تحریک قارچ و جلب آن به طرف خود می‌شود. ریسه اصلی با قطری حدود ۲۰ تا ۳۰ میکرومتر می‌تواند بخش‌های بادبزنی شکلی از انشعابات جانبی تولید نماید که قطری حدود ۲ تا ۷ میکرومتر دارند و توسط دیواره عرضی از ریشه اصلی جدا می‌گردند. کلونی‌زایی ریشه عموماً توسط این قسمت‌های بادبزنی شکل صورت می‌گیرد و در هر کلونی واحدی از انشعاب به داخل سلول‌های پوست وارد می‌شوند و می‌توانند انشعابات دو شاخه‌ای آربوسکول را تولید کنند. پس از یک دوره زمانی، آربوسکول‌ها و یا مارپیچ‌های ریسه‌ای تخریب می‌گردند و بخش‌های توده‌ای مانند را تشکیل می‌دهند (یادگاری و برزگر، ۱۳۸۶).

۱- Arbuscule
۲- Vesicle

۲-۵-۲-۱ مراحل گسترش کلونی‌زایی قارچ‌های VAM

۲-۵-۲-۱-۱ پیش کلونی‌زایی[۱]

جوانه زدن اسپورها و رشد اولیه ریسه در خاک تحت تأثیر شرایط فیزیکی خاک (رطوبت، حرارت، CO_2) و شرایط شیمیایی خاک (PH، غلظت عناصر غذایی و غیره) قرار دارد. در طی گسترش شبکه ریسه‌ای هیچ تقسیم سلولی انجام نگرفته و هسته‌ها در ساختمان‌های تازه تشکیل شده پخش می-شوند.

۲-۵-۲-۱-۲ کلونی‌زایی ثانویه[۲]

به طور طبیعی ریسه به حد فاصل سلول‌های اپیدرمی نفوذ می‌کند و یک کلاف ریسه‌ای را در لایه‌های اول سلولی تشکیل می‌دهد.

۲-۵-۲-۱-۳ تشکیل آربسکول- وزیکول

بعد از نفوذ شبکه ریسه‌ای به درون ریشه، رشد درونی سلولی و بین سلولی ریسه آغاز می‌گردد. آربسکول در درون سلول‌های پوست ریشه تشکیل می‌شود. این فرآیند معمولاً ۲ تا ۵ روز بعد از نفوذ در شبکه ریسه‌ای آغاز می‌شود. وزیکول همزمان با تشکیل آربوسکول یا کمی بعد از آن تشکیل می‌گردد که در واقع برآمدگی اضافه ریسه‌ها هستند که حاوی چربی هستند (یادگاری و برزگر، ۱۳۸۶).

۲-۵-۳ فاکتورهای مؤثر بر همزیستی میکوریزایی

مصرف کودهای شیمیایی فسفر (فی و همکاران، ۱۹۹۶) و نیتروژن (الکساندر و فیبرلی، ۱۹۸۳) سبب کاهش میزان همزیستی میکوریزا با گیاهان می‌گردد.

۱- Precolonization
۲- Secondary colonization

همچنین میکروارگانیسم‌های خاک گسترش و استقرار همزیستی قارچ میکوریزا را تحت تاثیر قرار می‌دهند هر چند الگوی پاسخ گویی به وضوح روشن نگردیده است در برخی موارد اشاره به روابط منفی (ویسس و همکاران، ۱۹۹۲) و در برخی به روابط مثبت (میر و لیندرمان، ۱۹۸۶) و در سایر مطالعات به عدم اثر متقابل بین میکروارگانیسم‌ها و قارچ اشاره گردیده است (ادواردز و بتر، ۱۹۹۲).

۲-۵-۳-۱ میکوریزا و کود شیمیایی

درخاک‌های زراعی، کوددهی معمولاً باعث کاهش کلونیزاسیون قارچ AM در ریشه می‌گردد، لیکن در خاک‌هایی که به شدت از نظر عناصر غذایی فقیر می‌باشند گاهاً افزایش کلونیزاسیون ریشه دیده می‌شود (هایمن، ۱۹۷۵). این نتایج ضد و نقیض نشان می‌دهد که تغذیه گیاه تعیین کننده نوع پاسخ قارچ‌های میکوریزایی به اضافه کردن کودهای شیمیایی می‌باشد (اسدی رحمانی و همکاران، ۱۳۸۶).

با کوددهی محدودیت ناشی از عناصر غذایی مرتفع می‌شود و بنابراین گیاه مقدار کمتری از ترکیبات کربنه را به مصرف ریشه، تراوه‌های ریشه‌ای و قارچ‌های میکوریزا آربوسکولار اختصاص می‌دهد. همراه با این عامل خصوصیت شیمیایی خاک‌ها و کودهای شیمیایی نیز کنترل کننده وضعیت عناصر معدنی جذب شده توسط گیاهان است و در نهایت تعیین کننده نوع عکس العمل قارچ‌های میکوریزایی به کوددهی می‌باشند (اسدی رحمانی و همکاران، ۱۳۸۶). همچنین نسبت P:N یکی از عوامل مهم و تعیین کننده نحوه عکس‌العمل قارچ‌های میکوریزایی به غنی سازی خاک یا عناصر غذایی است (هایپر، ۱۹۸۳). برخی از بررسی‌ها مؤید آن است که گونه‌های مختلف قارچ AM نسبت به کودهای شیمیایی، واکنش های متفاوتی از خود نشان می‌دهند (هایمن، ۱۹۷۵). نتایج سیلویا و شنگ (۱۹۸۳) نشان داد گونه قارچ *Glomus intraradices* به کودهای شیمیایی غیر حساس هستند. بطور کلی، افزایش کودهای فسفره، کربوهیدرات‌های محلول در ترشحات ریشه را کاهش می‌دهد (گراهام و همکاران،۱۹۸۱). همچنین در مورد کودهای نیتروژنه مطالعات مورتیمر و همکاران (۲۰۰۹) نشان داد که استفاده از آمونیوم در گیاهان میکوریزایی لوبیا، کاهش درصد

کلونیزاسیون قارچ AM، رشد گره و وزن خشک گره را در بر داشت. از طرفی این محققین گزارش کردند لگوم‌های گره‌دار تلقیح شده با میکوریزا، هنگامی که درمعرض یک منبع نیتروژن خارجی قرار گرفته باشند وابستگی کمتری به تثبیت زیستی نیتروژن نشان می‌دهند.

۲-۵-۳-۲ میکوریزا و باکتری ریزوبیوم

گزارشات متعددی حاکی از اثرات مثبت تلقیح دوگانه سویه های ریزوبیوم با قارچ میکوریزا در رشد حبوبات، از جمله *Phaseolus vulgaris* L.، یافت شده است (مورتیمر و همکاران، ۲۰۰۸). بیانسیتو و همکاران(۲۰۰۱) گزارش کردند، ریزوبیوم‌ها می‌توانند از طریق پلی‌ساکاریدهای خارج سلولی به هیف‌های قارچ بچسبند و از آن‌ها به عنوان وسیله‌ای برای کلونیزاسیون روی ریشه گیاه استفاده کنند. همچنین ریزوبیوم استقرار میکوریزا را به وسیله تولید پلی‌ساکاریدها افزایش می‌دهد که منجر به سنتز آنزیم پلی‌گالاکتوروناز در محل آلودگی می‌شود، بدین ترتیب تسهیل نفوذپذیری قارچ میکوریز به سلول‌های ریشه بهتر امکان پذیر می‌گردد (تلت و عبدآلا، ۲۰۰۸).

بارآ و همکاران (۱۹۹۲) بیان کردند علت اصلی برهم‌کنش‌های مثبت بین میکوریزا و ریزوبیوم‌ها، فراهمی فسفر توسط قارچ AM در پاسخ به نیاز بالای فسفر در تشکیل گره می‌باشد. با این حال افزایش جذب سایر عناصر غذایی به جزء فسفر، مانند روی، مس، مولیبدن، کلسیم و غیره توسط قارچ می‌تواند هم روی آلوده سازی و هم کارآیی همزیستی ریزوبیوم تأثیر بگذارد (بارآ و همکاران، ۱۹۹۲). در مقابل نیتروژن حاصل از فرآیند تثبیت زیستی توسط ریزوبیوم، می‌تواند وضعیت فیزیولوژیکی گیاه را حفظ کند که به نوبه‌ی خود برای فعالیت قارچ میکوریزا حائز اهمیت است (بارآ و همکاران، ۲۰۰۵). علاوه بر آن تحقیقات نشان می‌دهد تلقیح هر دو میکروارگانیسم به گیاه، ظرفیت گیاهان را در استفاده از نور، آب، مواد مغذی و CO_2 افزایش می‌دهد و مواد متابولیک زیادی تولید می‌شود که به راحتی از منبع (Source) به مخزن (Sink) جابه‌جا می‌شوند، و در نهایت در غلاف و دانه‌ها انباشته می‌گردند (باجیآراج، ۱۹۷۹).

به طور کلی وجود رابطه همکاری بین باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن و قارچ‌های میکوریزا سبب می‌شود که بقولات کلونی‌شده با میکوریزا نیتروژن بیشتر و تعداد گره بیشتر و بزرگتر داشته باشند. گیاهان میکوریزایی فتوسنتز بیشتری نسبت به گیاهان غیر میکوریزایی انجام می‌دهند و در نتیجه مواد قندی بیشتری سنتز و به گره‌ها و گیاه می‌رسد (یادگاری و برزگر، ۱۳۸۶). به هر حال تمام نژادهای باکتری ریزوبیوم یا نژادها و گونه‌های قارچ AM به یک روش و یا به یک میزان بر گیاه میزبان تأثیر نمی‌گذارند. عوامل مختلف مربوط به خصوصیات خاک بر درجه تأثیر اجزای همزیست تأثیر می‌گذارد و به همان روش بر روی ترکیب آنها هم مؤثر هستند (غلامی و کوچکی، ۱۳۸۰). نتایج بررسی بتلن فالوی و همکاران(۱۹۸۵) نشان داد که شکل‌گیری اولیه قارچ‌های AM به دلیل ایجاد رقابت از گره‌زایی جلوگیری کرد.

۲-۵-۴ تأثیر همزیستی میکوریزا بر رشد و عملکرد گیاه

محققان اظهار نمودند که یکی از مهمترین آثار کاربرد قارچ‌های میکوریزایی افزایش عملکرد گیاهان زراعی خصوصاً در خاک‌هایی با حاصلخیزی پایین است (کارلینگ و برون، ۱۹۸۲). این افزایش عملکرد به دلیل افزایش سطح جذب ریشه‌ها از طریق نفوذ مسیلیوم قارچ در خاک و به دنبال آن دسترسی گیاه زراعی به حجم بیشتری از خاک می‌باشد (کارلینگ و برون، ۱۹۸۲). پژوهش‌ها نشان می‌دهد نقش اصلی قارچ‌های میکوریزایی تأمین فسفر برای رشد 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 به اشکال فسفات کلسیم یا دیگر اشکال تثبیت شده و به صورت غیر متحرک درمی‌آید (تارک و همکاران، ۲۰۰۶). نشان داده شده است که همزیستی میکوریزایی از طریق بهبود گسترش هیف‌های قارچ در منافذ خاک، به طور فیزیکی موجب افزایش جذب فسفر در پیکره رویشی گیاه رازیانه شد و متعاقب آن با افزایش وزن خشک گیاه سبب بهبود غلظت فسفر در دانه رازیانه گردید (کاپور و همکاران، ۲۰۰۴). همچنین تحقیقات نشان می‌دهد استفاده از قارچ میکوریزا سبب افزایش رشد و

بیوماس گیاه می‌گردد. این قارچ‌ها افزایش بیوماس را به وسیله افزایش جذب آب، مواد معدنی و تولید هورمون‌های رشد انجام می‌دهند. تولید هورمون‌های رشد مانند اکسین، سیتوکنین و جیبرلین به وسیله این قارچ‌ها اثبات شده است (اسویفت، ۲۰۰۴).

رجالی و همکاران (۱۳۹۰) گزارش کردند، افزایش درصد کلونیزاسیون ریشه گندم توسط میکوریزا از طریق جذب بهتر آب و مواد معدنی باعث افزایش رشد گیاه و افزایش وزن خشک ریشه و اندام هوایی گیاه گردید. توسلی و علی اصغرزاده (۱۳۸۸) بیان کردند که تلقیح گیاهچه‌های پیاز با قارچ میکوریزا علاوه بر افزایش غلظت فسفر، غلظت سدیم، کلر، روی، پتاسیم، مس و کل نیتروژن گیاه افزایش یافت.

همزیستی میکوریزا بر چندین جنبه فیزیولوژیکی گیاه مانند ریشه گیاه، کسب مواد مغذی، حفاظت گیاه و چرخه مواد غذایی تأثیر دارد (کاپولینگ و دودز، ۲۰۰۲) همچنین از طریق فرآیندهای کلیدی اکولوژیکی برای بهبود اندام‌های گیاه و کیفیت خاک بسیار اهمیت دارد (واندرهجدن و ساندرز، ۲۰۰۲).

فصل سوم

مواد و روش‌ها

۳-۱ زمان و موقعیت محل اجرای آزمایش

این آزمایش درسال زراعی ۱۳۸۹- ۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود واقع درشهر بسطام به اجرا درآمد. شهر بسطام در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۹ دقیقه و ۵۵ دقیقه طول شمالی واقع شده است و میانگین ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۶۶ متر است.

۳-۲ ویژگی‌های آب و هوایی

بر اساس تقسیم‌بندی‌های اقلیمی منطقه بسطام (هشت کیلومتری شمال شرق شاهرود) دارای اقلیم سرد و خشک است. میانگین بارندگی سالانه بین ۱۶۰ – ۱۵۰ میلی متر است و بارندگی‌ها عمدتا در فصل پاییز و بهار رخ می‌دهد. بر اساس اطلاعات ایستگاه هواشناسی شاهرود، میانگین سالانه دما در این منطقه ۱۴/۴ درجه سانتی گراد است.

۳-۳ مشخصات طرح آزمایشی و تیمارهای آزمایش

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل، قارچ میکوریزا آربوسکولار در دو سطح شاهد (M_1) و مصرف میکوریزا (M_2)، باکتری ریزوبیوم در دو سطح شاهد (B_1) و مصرف باکتری (B_2)، و کود نیتروژن درسه سطح N_1, N_2, N_3 به ترتیب ۰، ۷۵ و ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار بودند.

۳-۴ خصوصیات خاک مورد آزمایش

به منظور تعیین بافت خاک و وضعیت عناصر غذایی، قبل از کاشت از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک مزرعه نمونه مرکب تهیه و سپس نمونه خاک مورد نظر به آزمایشگاه منتقل شد. نتایج تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک در جدول پیوست (۱) نشان داده شده است.

۳-۵ عملیات اجرایی

هر تکرار از ۱۲ کرت که هر یک ۱۲ مترمربع بودند، تشکیل شد. هر کرت از ۵ ردیف کاشت به طول ۴ متر با فاصله بین ردیف ۶۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. مرز بین کرت ها با یک پشته کشت نشده مشخص شد و بین تکرارها ۳ متر فاصله در نظر گرفته شد. محل تیمارهای مورد نظر به صورت تصادفی مشخص گردید.

۳-۶ آماده سازی زمین و کاشت

در بهار زمین یک شخم عمیق زده شد. سپس اقدام به عمل تسطیح زمین گردید. در پایان به وسیله فاروئرها پشته‌هایی به عرض ۶۰ سانتی‌متر در جهت شمالی جنوبی ایجاد گردید. ابعاد کرت‌ها در زمین مورد آزمایش مشخص شد و پس از تعیین کرت‌ها، جوی‌های آبیاری تعبیه گردیدند.

کاشت با روش دستی و به صورت هیرم‌کاری در تاریخ ۱۵ خرداد ۱۳۸۹ انجام گرفت. بذر در یک طرف پشته با فاصله ۲۰ سانتی‌متر و عمق کاشت ۴-۳ سانتی‌متر کشت شد. جوی‌های آبیاری به نحوی تعبیه شدند که آب آبیاری اضافی هر تکرار توسط یک جوی خروجی در انتهای کرت‌ها از مزرعه خارج شود.

۳-۷ مصرف باکتری

مایه تلقیح باکتری، *Rhizobium leguminosarum* بود که از مؤسسه تحقیقات آب و خاک وزارت کشاورزی تهیه گردید. استفاده از مایه تلقیح باکتری بدین صورت انجام گرفت که قبل از کاشت، متناسب با سطح کاشت مقدار مشخصی از بذور با محلول ۱۰٪ آب شکر آغشته گردید. در مرحله بعد مقدار تعیین شده از هر مایه تلقیح (با جمعیت تقریبی 10^8 باکتری در هر میلی متر) به بذر افزوده

شد و به طور کامل مخلوط گردید. و بعداز خشکیدن نسبی مواد تلقیحی سطح بذور در سایه، بذرها سریعاً کشت شدند.

۳-۸ مصرف قارچ میکوریزا

مایه تلقیح قارچ به نام *Glomus intraradices* از شرکت زیست فناور توران شاهرود تهیه گردید. این مایه تلقیح شامل خاک، بقایای ریشه‌ای و اندام‌های قارچی بود. استفاده از مایه تلقیح بدین صورت انجام شد که قبل از کاشت در کرت‌های مربوط به تیمار قارچی مقداری مایه تلقیح (در هر خط کاشت ۲۵۰ گرم) درون حفره‌هایی که برای کاشت بذر ایجاد شده بودند، ریخته شد. سپس روی این مایه تلقیح مقداری خاک اضافه و ۵-۳ بذر روی آن قرار داده شد و سرانجام بذرها با خاک پوشانده شدند.

۳-۹ مصرف کود نیتروژن

منبع کود نیتروژن از کود اوره در سه سطح ۰، ۷۵، و ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار و در سه زمان: ۱/۳ در زمان کاشت، ۱/۳ در زمان ۶-۴ برگی و ۱/۳ در زمان گلدهی مصرف گردید. کود نیتروژن به همراه آب آبیاری طبق مقادیر معین برای هر تیمار در کرت‌های مورد نظر استفاده شد.

۳-۱۰ عملیات داشت

اولین آبیاری بعد از هیرم کاری، سه روز بعد از کاشت و بعد از آن هر ۷ روز یکبار به صورت جداگانه برای هر کرت به روش نشتی انجام گرفت. به منظور حصول تراکم مناسب مزرعه در یک مرحله و پس از استقرار کامل در مرحله ۶ برگی تنک شد. مبارزه با علف‌های هرز توسط وجین دستی و در سه نوبت انجام گرفت. در طول فصل رشد بیماری ریشه‌ای رایزوکتونیا مشاهده شد.

۳-۱۱ نمونه برداری

۳-۱۱-۱ نمونه برداری در طی فصل رشد

برای مطالعه و بررسی خصوصیات رشدی لوبیاقرمز در طی فصل رشد ۵ مرحله نمونه برداری انجام شد. نمونه برداری اول ۴۰ روز پس از کاشت انجام گردید و نمونه برداری بعد با فواصل ۷ و ۱۰ روز تا برداشت نهایی ادامه داشت. درهر نمونه برداری از هر کرت آزمایشی، تعداد ۲ بوته با احتساب نیم متر حاشیه از ابتدا و انتهای کرت و یک ردیف کاشت از حاشیه‌ها، به طور تصادفی انتخاب شدند. بوته‌ها با ریشه برداشته و در پاکت‌های شماره‌گذاری شده قرار گرفتند.

۳-۱۱-۲ نمونه برداری عملکرد

برداشت نهایی در آخر فصل رشد و زمانی که ۸۰ درصد بوته‌ها و غلاف‌ها خشک شده بودند انجام شد. قبل از برداشت، برای محاسبه عملکرد نهایی در هر کرت، دو ردیف کناری و نیم متر از ابتدا و انتهای کرت به عنوان اثر حاشیه‌ای حذف شد و از سطح باقیمانده یک مترمربع به طور تصادفی انتخاب و عملکرد نهایی محاسبه گردید.

۳-۱۲ ارزیابی صفات

پاکت‌های مخصوص نمونه برداری به آزمایشگاه منتقل و در آنجا پس از اندازه‌گیری سطح برگ، ارتفاع بوته و شمارش گره‌ها و غلاف‌ها، قسمت‌های مختلف بوته مثل برگ، ساقه، ریشه و غیره جدا و درون آون با دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شدند. پس از خشک شدن نمونه‌ها، وزن خشک ساقه، برگ، ریشه، غلاف و گره‌ها توسط ترازوهای با دقت ۰/۰۱ و ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری و ثبت شدند.

۳-۱۲-۱ تعیین میزان کلونیزاسیون ریشه

برای تعیین درصد همزیستی میکوریزایی ریشه‌ها، قسمتی از ریشه تازه گیاه به صورت تصادفی نمونه‌برداری (حدود ۰/۵ گرم) شد. جهت رنگ‌آمیزی ریشه‌ها در محیط آزمایشگاه از روش تغییریافته فیلیپس و هایمن (۱۹۷۰) استفاده گردید. پس از شستشوی کامل ریشه‌ها با آب جهت رنگبری به داخل شیشه‌های حاوی محلول KOH ده درصد منتقل و به مدت ۴۸ ساعت در دمای اتاق نگهداری شدند. سپس ریشه‌ها شسته شدند و جهت خنثی کردن محیط قلیایی به مدت ۲ دقیقه در محلول HCl یک دهم مولار قرار داده شدند. ریشه‌ها را در محلول رنگ‌آمیزی (شامل نسبت‌هایی از اسید لاکتیک، گلیسیرین، تریپان بلو و آب مقطر) به مدت ۲۴- ۱۲ ساعت قرار داده شد. بعد از رنگ‌آمیزی، نمونه‌ها در محلول ۱:۱ گلیسیرین و اسید لاکتیک نگهداری شدند. برای مشاهده و بررسی درصد آلودگی، از روش خطوط متقاطع (Gridline Intersect Method) استفاده شد (جیبوواتی و موس،۱۹۸۰).

۳-۱۲-۲ تعیین میزان فسفر خاک

برای تعیین مقدار فسفر خاک، بعد از برداشت نهایی مقداری از خاک اطراف ریشه را تا عمق نفوذ ریشه داخل پاکت نمونه‌برداری ریخته شد و به آزمایشگاه منتقل گردید. یک گرم از نمونه خاک وزن و در لوله‌های آزمایش ریخته شد. و سپس به روشن اولسن (۱۹۵۴) میزان فسفر خاک اندازه‌گیری شد.

۳-۱۲-۳ تعیین میزان فسفر بذر

بذور لوبیا آسیاب شد سپس مقدار یک گرم از آن برای تعیین میزان فسفر به آزمایشگاه گیاهان ویژه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد منتقل شد. روش اندازه‌گیری فسفر بذر به روش اسپکتروفتومتری بود.

۳-۱۳ برآورد شاخص‌های رشد

۳-۱۳-۱ شاخص سطح برگ (LAI [۱])

شاخص سطح برگ بیان کننده سطح برگ (فقط یک طرف) به سطح زمین اشغال شده توسط محصول است. از آنجا که تشعشع خورشیدی به طور یکنواختی روی سطح زمین پخش می‌شود لذا LAI یک معیار تقریبی از مساحت برگ در واحد سطح است که تشعشع خورشیدی برای آن‌ها قابل دسترس باشد.

$$LAI = (LA_2+LA_1) / 2(GA)$$

GA : مساحت زمین

LA : سطح برگ

۳-۱۳- ۲ سرعت رشد گیاه (CGR [۲])

با معناترین واژه تجزیه و تحلیل رشد در جوامع گیاهی سرعت رشد گیاه است که نمایانگر میزان تجمع ماده خشک در گیاهان در یک واحد زمانی مشخص در واحد سطح خاک می‌باشد.

$$CGR = (w_2-w_1) / (T_2- T_1)$$

W_2 و W_1 : به ترتیب وزن خشک (گرم در مترمربع) در نمونه برداری اول و دوم

T_2T_1: فاصله زمانی بین دو نمونه برداری

۱- Leaf Area Index
۲- Crop Growth Rate

۳-۱۳-۳ سرعت رشد نسبی (RGR[۱])

سرعت رشد نسبی بیان کننده وزن خشک اضافه شده نسبت به وزن اولیه در یک فاصله زمانی مشخص است.

$$RGR = (Lnw_2 - Lnw_1) / (T_2 - T_1)$$

۳-۱۴ تجزیه آماری نتایج

در این تحقیق برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزارهای SAS و MSTATC استفاده شد. برای مقایسه میانگین از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد استفاده گردید. و نمودارها نیز با استفاده از نرم افزار EXCEL ترسیم شدند.

۱- Relative Growth Rate

فصل چهارم

نتایج و بحث

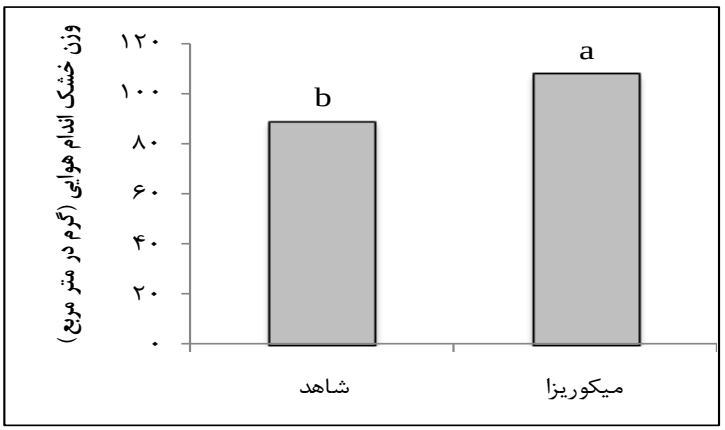
در این فصل نتایج بررسی صفاتی چون وزن خشک اندام هوایی در مرحله اوایل رسیدگی بذور، وزن خشک و تعداد گره ریشه در مرحله ۵۰ درصد گلدهی، درصد کلونیزاسیون میکوریزی، میزان فسفر بذر و فسفر خاک و همچنین عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا در مرحله برداشت بیان شده است. همچنین شاخص‌های رشد لوبیا از جمله شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول و سرعت رشد نسبی بررسی شدند.

۴-۱ وزن خشک اندام هوایی

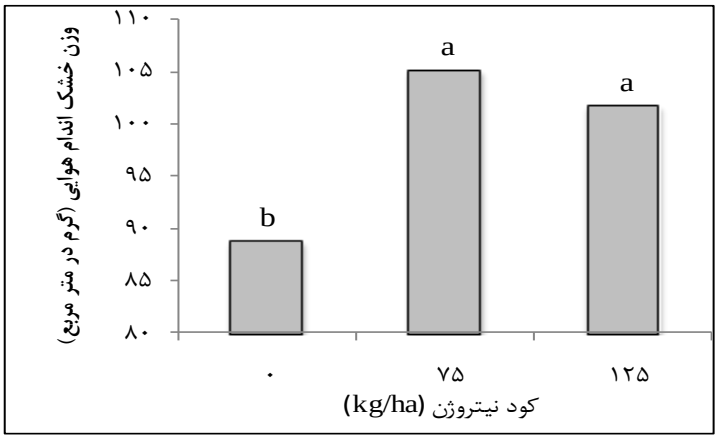
منظور از وزن خشک اندام هوایی در لوبیا، کل ماده خشک تولید شده در اندام‌های هوایی گیاه از جمله برگ، ساقه، غلاف و دانه است. نتایج آزمایش نشان داد استفاده از قارچ میکوریزا بر وزن خشک اندام هوایی در مرحله اوایل رسیدگی بذور در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد و سبب افزایش وزن خشک اندام هوایی به میزان ۲۱/۲۲ درصد نسبت به شاهد (عدم تلقیح) گردید (جدول پیوست ۲ و شکل ۴-۱). استفاده از قارچ میکوریزا باعث افزایش سرعت رشد گیاه شده و بر تخصیص و انتقال عناصر غذایی بین ریشه و ساقه اثر می‌گذارد، به طوری که با افزایش جذب عناصر غذایی و انتقال آن-ها، وزن خشک اندام هوایی افزایش می‌یابد (اورتاس و هریس، ۱۹۹۶).

کود نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک اندام هوایی در سطح احتمال ۱ درصد داشت (جدول پیوست ۲). نتایج حاکی از آن بود که استفاده از ۷۵ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار بیشترین وزن خشک اندام هوایی را در پی داشت که با مصرف ۱۲۵ کیلوگرم کود در هکتار تفاوت معنی‌داری از لحاظ آماری نداشت. کمترین وزن خشک اندام هوایی مربوط به عدم استفاده از کود به دست آمد (شکل ۴-۲). کوردوویلا (۱۹۹۹) بیان می‌کند کاربرد نیتروژن به میزان ۸ میلی مول KNO_3، وزن خشک اندام هوایی را دو برابر نسبت به شرایط عدم کاربرد نیتروژن افزایش می‌دهد. تحقیقات یو و همکاران (۲۰۰۲) نشان داد که تولید ماده خشک اندام هوایی در سویا تحت تأثیر کاربرد کودهای شیمیایی بود. همچنین مارشچنر (۱۹۹۵) بیان کرد شاخص‌هایی مانند دوام سطح برگ، رشد رویشی

بهتر، توسعه کانوپی و در نتیجه استفاده مناسب‌تر از تشعشع خورشیدی در فتوسنتز متأثر از نیتروژن قابل جذب است. بنابراین افزایش وزن خشک اندام هوایی در نتیجه استفاده از کود نیتروژن به نظر می‌رسد به علت افزایش فتوسنتز و در نتیجه افزایش شاخ و برگ در گیاه باشد. همچنین نتایج آزمایشات شهسواری و صفاری (۱۳۸۴) مبنی بر اثر مقدار نیتروژن بر گیاه گندم نشان داد در سطوح بالاتر کود نیتروژن (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) وزن خشک اندام هوایی از ۱۷۵۳ به ۱۴۴۵ گرم در مترمربع کاهش یافت. احتمالاً سطوح بالاتر کود نیتروژن اضافه بر نیاز گیاه بوده و سبب سایه اندازی برگ‌ها بر روی یکدیگر و کاهش فتوسنتز گردیده است و یا به دلیل تأثیر تشدید کننده‌ای کود نیتروژن زیاد بر بیماری ریشه‌ای گیاه باشد که در این مرحله از بررسی، به اوج خود رسیده بود.



شکل ۴-۱- تأثیر قارچ میکوریزا بر وزن خشک اندام هوایی

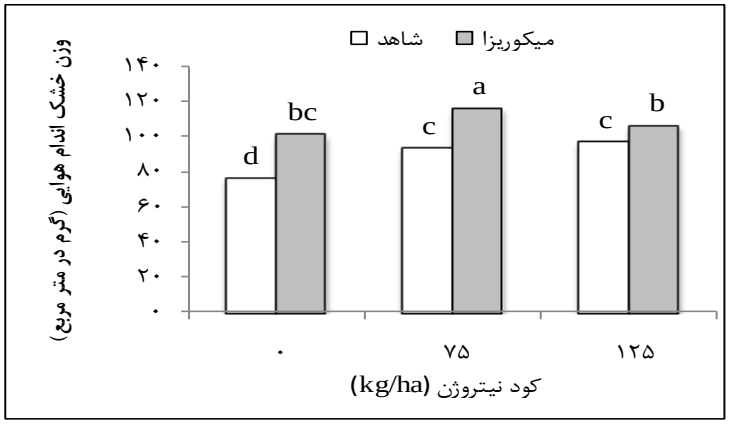


شکل ۴-۲- تأثیر کود نیتروژن بر وزن خشک اندام هوایی

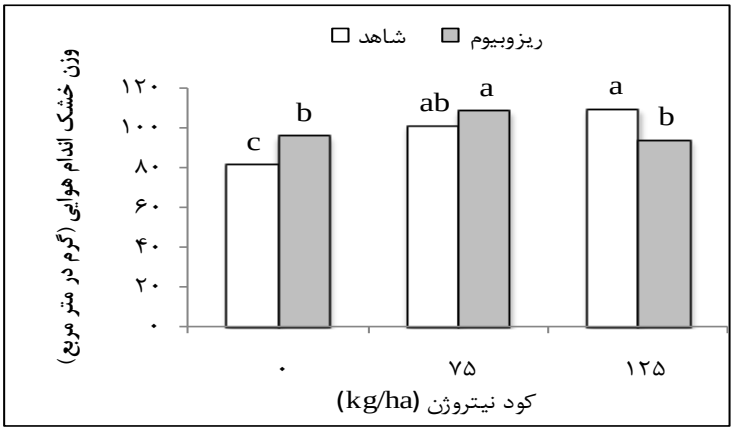
اثر متقابل قارچ میکوریزا و کود نیتروژن نیز بر وزن خشک اندام هوایی معنی‌دار شد (جدول پیوست ۲). تیمار تلقیح میکوریزا به همراه مصرف ۷۵ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار، بیشترین و تیمار شاهد (بدون مصرف میکوریزا و کود نیتروژن) کمترین وزن خشک اندام هوایی را دارا بودند (شکل ۴-۳). بررسی اثرات سطوح کوددهی نیتروژن و همزیستی میکوریزایی ریشه در گندم دوروم توسط جایرجیو و همکاران (۲۰۰۴) نشان داد، تلقیح قارچ میکوریزا همراه با کوددهی نیتروژن اثرات مثبتی در پی‌دارد. به طوری که درحضور قارچ میکوریزا و مصرف کود نیتروژن روند عملکرد دانه، کاه، وزن هزار دانه و ارتفاع بوته به طور قابل توجهی نسبت به هر دو گروه شاهد (عدم تلقیح) و مصرف به تنهایی کود (۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) بهبود یافته است. همچنین این محققین بیان کردند بیشترین افزایش عملکرد از ترکیب میکوریزا همراه با ۵۰ کیلوگرم کود در هکتار بدست آمد. استفاده از کودهای زیستی همراه با کودهای شیمیایی بهترین گزینه برای تغذیه جمعیت رو به رشد و حفظ وضعیت سلامت خاک می‌باشد (بت و همکاران، ۲۰۱۱).

اثرمتقابل تلقیح باکتری ریزوبیوم و مصرف کود بر وزن خشک اندام هوایی معنی‌دار شد (جدول پیوست ۲) به طوری که تیمار ۱۲۵ کیلوگرم کود در هکتار بدون تلقیح با باکتری (۱۰۹/۵۴ گرم در مترمربع) بیشترین مقدار وزن خشک اندام هوایی را در پی داشت که با تیمار مصرف باکتری به همراه ۷۵ کیلوگرم کود در هکتار (۱۰۸/۸۶ گرم در مترمربع) و تیمار مصرف ۷۵ کیلوگرم کود در هکتار بدون تلقیح با باکتری (۱۰۱/۳۸ گرم در مترمربع) تفاوت آماری نداشت. کمترین وزن خشک اندام هوایی در تیمار شاهد (بدون مصرف باکتری و کود) به میزان ۸۱/۷۰ گرم در مترمربع به دست آمد (شکل ۴-۴). نتایج حاکی از آن بود که تلقیح باکتری همراه با مصرف کمتر کود نیتروژن مؤثرتر از تلقیح باکتری به تنهایی می‌باشد. این موضوع می‌تواند به علت اثر تحریک کنندگی مصرف کود سطح کمتر (۷۵ کیلوگرم در هکتار) بر کارآیی و عملکرد باکتری ریزوبیوم در گره‌زایی و فرآیند تثبیت نیتروژن باشد که به تبع آن بر روی رشد اندام هوایی گیاه تأثیر می‌گذارد. مطالعات چندساله در

رومانی بر روی لوبیا، نشان داده است که کاربرد سویه‌های برتر ریزوبیوم در ترکیب با کود نیتروژن می تواند سبب افزایش عملکرد لوبیا شود (پاپسکا، ۱۹۹۸).



شکل ۴-۳- اثر متقابل میکوریزا و کود نیتروژن بر وزن خشک اندام هوایی



شکل ۴-۴- اثر متقابل باکتری ریزوبیوم و کود نیتروژن بر وزن خشک اندام هوایی

نتایج نشان داد اثر اصلی باکتری ریزوبیوم و همچنین اثرات متقابل میکوریزا و باکتری و اثر متقابل میکوریزا، باکتری ریزوبیوم و کود نیتروژن بر وزن خشک اندام هوایی معنی‌دار نشد (جدول پیوست ۲).

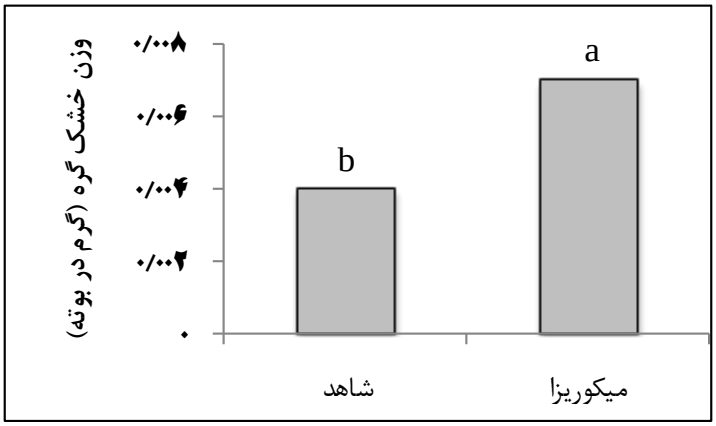
۴-۲ وزن خشک گره

با توجه به نتایج مندرج در جدول پیوست (۲) اثر قارچ میکوریزا بر وزن خشک گره در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول پیوست ۲). وزن خشک گره در تلقیح با میکوریزا به میزان ۷۸ درصد نسبت به شاهد (عدم تلقیح) افزایش یافت (شکل ۴-۵). آسای (۱۹۴۴) اظهار داشت که گره-زایی ریشه بقولات توسط باکتری‌ها می‌تواند به همزیستی میکوریزایی وابسته باشد. نتایج آراموگام و همکاران (۲۰۱۰) نشان دادند گیاهان تلقیح شده با قارچ میکوریزا افزایش معنی‌داری در تعداد گره و وزن خشک گره در مقایسه با شاهد دارند. در تفسیر نتایج حاصله می‌توان بیان داشت، از آنجایی که گیاهان میکوریزایی فتوسنتز بیشتری نسبت به گیاهان غیر میکوریزایی دارند در نتیجه درصد بیشتری از کربوهیدرات‌ها به گره‌ها انتقال پیدا می‌کند و همچنین تأمین فسفر توسط میکوریزا به نیاز ضروری آن در تشکیل گره توسط باکتری جواب می‌دهد. این دلایل می‌تواند به افزایش گره‌زایی و وزن خشک گره در نتیجه تلقیح با میکوریزا منجر شود.

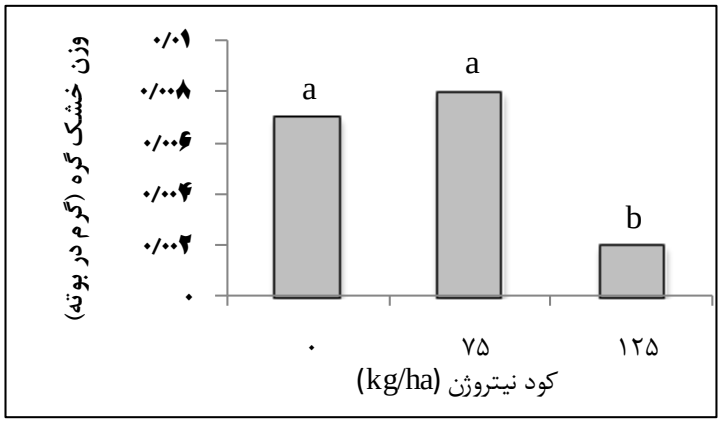
اثر باکتری ریزوبیوم بر وزن خشک گره معنی‌دار نبود (جدول پیوست ۲). دلایلی نیز برای پاسخ ندادن گیاه به تلقیح با باکتری‌ها وجود دارد که می‌توان به کاهش تعداد باکتری‌ها بعد از تلقیح به خاک به علت ناکافی بودن ترشحات ریشه‌ای مفید، کاهش کارآیی باکتری‌ها در اثر شدت بیماری ریشه‌ای و رقابت بین باکتری مورد نظر و باکتری‌های بومی خاک در جذب عناصر غذایی و یا نامناسب بودن سویه مورد استفاده اشاره کرد.

کود نیتروژن در زمان ۵۰ درصد گلدهی تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک گره داشت (جدول پیوست ۲) به طوری که مصرف ۷۵ کیلوگرم کود در هکتار بیشترین (۰/۰۰۸ گرم در بوته) و مصرف ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار کمترین مقدار (۰/۰۰۲ گرم در بوته) وزن خشک گره را داشتند (شکل ۴-۶). به نظر می‌رسد غلظت‌های کم نیتروژن از طریق تحریک تشکیل گره، تحریک فعالیت نیتروژناژ و افزایش رشد گیاه، اثر تشدیدکننده‌ای بر تثبیت نیتروژن دارند (لیند و انسون، ۱۹۹۰)، بنابراین می‌توانند روی وزن خشک گره تأثیرگذار باشند. از طرفی تلت و عبدآلا (۲۰۰۸) بیان کردند نیتروژن بیش از حد اثر

معکوس بر روی گره دارد، زیرا کربوهیدرات‌های موجود که از ساقه به سیستم ریشه تراوش می‌کند کاهش می‌یابند و باعث تضعیف رشد ریزوبیوم می‌گردد و در نتیجه وزن و توده گره کاهش می‌یابد. نتایج بت و همکاران (۲۰۱۱) بر روی ماش سبز نشان داد حداکثر وزن خشک گره در تیمار کودی سطح کمتر (۱۵کیلوگرم در هکتار نیتروژن) بدست آمد.



شکل ۴-۵- تأثیر قارچ میکوریزا بر وزن خشک گره



شکل ۴-۶- تأثیر کود نیتروژن بر وزن خشک گره

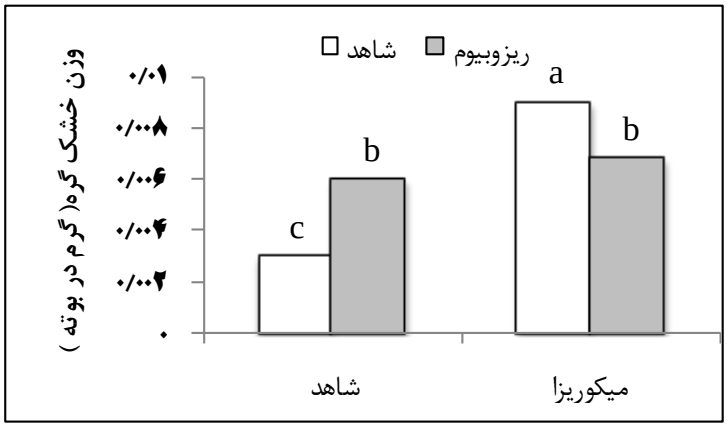
اثر متقابل میکوریزا و باکتری ریزوبیوم بر وزن خشک گره در مرحله ۵۰ درصد گلدهی بسیار معنی‌دار بود (جدول پیوست ۲ و شکل ۴-۷). ملاحظه شد بوته‌های تلقیح شده با قارچ میکوریزا بدون

تلقیح باکتری بیشترین (۰/۰۰۹ گرم در بوته) و بوته‌های شاهد (عدم تلقیح) کمترین (۰/۰۰۳ گرم در بوته) مقدار وزن خشک گره را داشتند. وزن خشک گره در بوته‌هایی که تحت تأثیر تلقیح توأم میکوریزا و ریزوبیوم قرار گرفتند، نیز نسبت به شاهد بیشتر شد (شکل ۴-۷). نتایج حاکی از آن بود که تلقیح قارچ میکوریزا تأثیر بیشتری بر وزن خشک گره نسبت به تلقیح باکتری ریزوبیوم داشت.

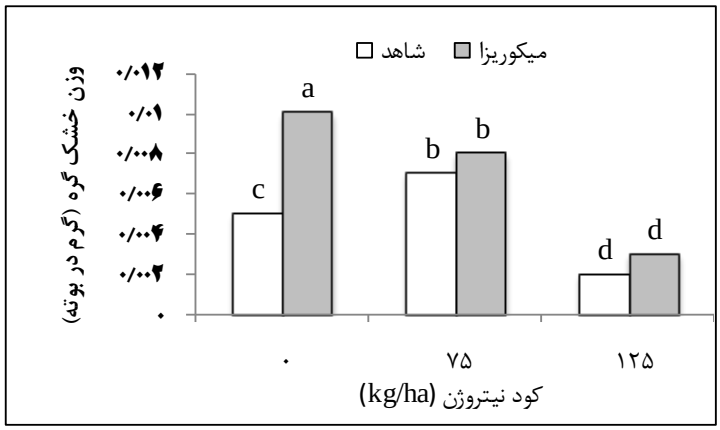
نتایج آزمایش نشان داد اثر متقابل قارچ میکوریزا و کود نیتروژن بر وزن خشک گره در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شده بود (جدول پیوست ۲). ملاحظه می‌شود که بوته‌های تلقیح شده با قارچ و عدم مصرف کود نیتروژن، بیشترین وزن خشک گره (۰/۰۱۰ گرم در بوته) را دارا بودند. درحالی که کمترین وزن خشک گره به میزان (۰/۰۰۲ گرم در بوته) در بوته‌های با مصرف ۱۲۵ کیلوگرم کود در هکتار مشاهده شد که از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با بوته‌های تلقیح شده با میکوریزا به همراه مصرف ۱۲۵ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار نداشتند. همچنین نتایج نشان داد کاربرد میکوریزا به همراه مصرف کود نیتروژن باعث کاهش وزن خشک گره نسبت به کاربرد میکوریزا به تنهایی دارد که در سطوح بالای کود نیتروژن این روند کاهشی تشدید می‌یابد (شکل ۴-۸). نتایج مورتیمر و همکاران (۲۰۰۹) نشان داد استفاده از کود آمونیم در گیاه لوبیای میکوریزایی، کاهش وزن خشک گره را به میزان ۵۳ درصد در پی داشت. همچنین این محققیق گزارش کردند لگوم‌های گره‌دار تلقیح شده با AM هنگامی که در مصرف یک منبع خارجی آمونیوم قرار گرفتند وابستگی کمتری به تثبیت زیستی نیتروژن نشان دادند.

اثر متقابل باکتری ریزوبیوم لگومینوزاروم و کود نیتروژن بر وزن خشک گره در مرحله ۵۰ درصد گلدهی معنی‌دار بود (جدول پیوست ۲). بیشترین وزن خشک گره مربوط به بوته‌های تلقیح باکتری و عدم مصرف کود و کمترین وزن خشک گره به ترتیب در بوته‌های تلقیح با باکتری همراه مصرف ۱۲۵ کیلوگرم کود در هکتار و بوته‌های مصرف ۱۲۵ کیلوگرم کود در هکتار بدون تلقیح مشاهده شد. همچنین ملاحظه گردید تیمار تلقیح باکتری به همراه مصرف ۷۵ کیلوگرم کود در هکتار وزن خشک گره را نسبت به شاهد (بدون مصرف باکتری و کود) افزایش داده است (شکل ۴-۹). نتایج خودشناس

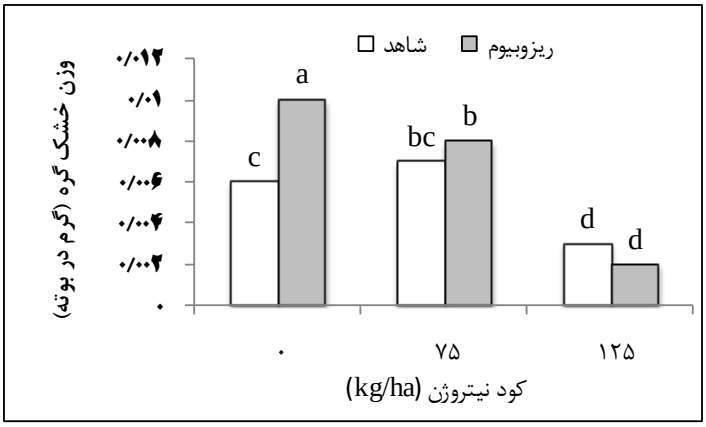
و همکاران (۱۳۸۵) بر تعداد و وزن گره‌های لوبیا تحت تأثیر ریزوبیوم و مصرف کود نیتروژن نشان داد، تیمار باکتری با ۲۳ گره و وزن خشک ۰/۲۷۷ گرم دارای بیشترین و تیمار کودی نیتروژن با سطح بیشتر (۴۰۰ کیلوگرم در هکتار) با ۴۵ گره و وزن ۰/۰۲۷ گرم دارای تعداد و وزن گره کمتری می‌باشد. با توجه به نتایج می‌توان استنباط کرد که تیمارهای کودی نیتروژن به دلیل ایجاد سطح برگ بیشتر، می‌تواند مواد کربوهیدرات بیشتری را در اختیار گیاه قرار دهد، در نتیجه نسبت به شاهد روند افزایشی در وزن گره ایجاد می‌کنند، البته این روند تا محدوده مشخصی از میزان کود نیتروژن است، زیرا از این محدوده به بعد وزن گره روند کاهشی داشت به طوری که، وزن گره به پایین‌تر از مقدار بدست آمده در حالت شاهد کاهش یافت. عمده‌ترین دلایل این موضوع (کاهش گره در اثر مصرف کود نیتروژن بیشتر) می‌تواند افزایش غلظت نیترات حاصل از این کودها در خاک باشد. مجنون حسینی (۱۳۸۷) بیان داشت نیترات عامل بازدارنده گره‌بندی است و از تولید لکتین در سطح خارجی ریشه گیاه جلوگیری و باعث کاهش میزان اتصال ریزوبیوم به سطح ریشه‌ها می‌شود همچنین کاربرد نیترات به طور مداوم وزن گره‌ها را کاهش می‌دهد.



شکل ۴-۷- اثر متقابل میکوریزا و ریزوبیوم بر وزن خشک گره



شکل ۴-۸- اثر متقابل میکوریزا و کود نیتروژن بر وزن خشک گره



شکل ۴-۹- اثر متقابل باکتری ریزوبیوم و کود نیتروژن بر وزن خشک گره

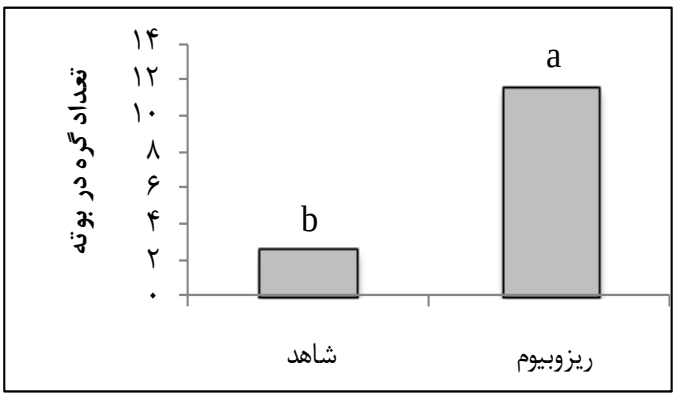
نتایج حاکی از آن بود که اثر سه عامل آزمایش بر وزن خشک گره معنی‌دار نبود (جدول پیوست ۲).

۴-۳ تعداد گره

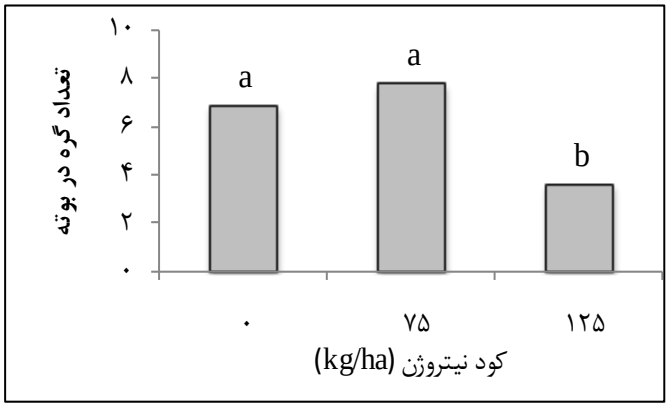
به طور کلی تعداد زیاد گره برای هر لگومی سودمند (فایسون و اسپریت، ۱۹۸۲) و نشانه گره‌بندی موفق است و برای تثبیت نیتروژن کافی در طول دوره رشد گیاه ضروری می‌باشد (شهی، ۱۹۹۸). پریرا و همکاران (۱۹۹۳) بیان کردند که گره‌های بیشتر احتمالاً از توانایی بیشتر در گره‌بندی نتیجه

می‌شود، که یک عامل مهم و ارثی در همزیستی ریزوبیوم-لگوم است، تعداد گره بیشتر، گیاه را قادر می‌سازد تا نیتروژن اتمسفری بیشتری را تثبیت کند هر چند فعال بودن گره‌ها فاکتور مهمی در این فرآیند می‌باشد. نتایج آزمایش حاکی از آن بود که باکتری ریزوبیوم بر تعداد گره بسیار معنی‌دار بود (جدول پیوست ۲). به این ترتیب که تیمار مصرف ریزوبیوم با ۱۱/۵۴ عدد در هر بوته بیشترین و تیمار عدم مصرف ریزوبیوم با ۲/۵۶ عدد گره کمترین تعداد گره را دارا بودند (شکل ۴-۱۰). نتایج ارمان و همکاران (۲۰۱۱) بر روی گیاه نخود نشان داد تلقیح باکتری ریزوبیوم با گیاه، سبب افزایش معنی‌داری در تعداد گره نخود گردید. افزایش تعداد گره در اثر کاربرد باکتری ریزوبیوم را می‌توان بر اثرات مثبت این باکتری بر مورفولوژی ریشه و فراهم کردن شرایط بهتر برای گره‌زایی و در نتیجه افزایش تثبیت نیتروژن دانست.

اثر کاربرد کود نیتروژن بر تعداد گره ریشه لوبیا در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول پیوست ۲). نتایج نشان داد که بیشترین تعداد گره در تیمار مصرف ۷۵ کیلوگرم کود در هکتار مشاهده شد که با شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت و کمترین تعداد گره به ازای مصرف ۱۲۵ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار بدست آمد (شکل ۴-۱۱). در پژوهشی توسط سلیمانی و اصغرزاده (۱۳۸۹) بر روی نخود دیم مشاهده گردید کمترین تعداد گره در تیمارهای مصرف کود شیمیایی حاصل شد. کمتر بودن تعداد گره در تیمارهای مربوط به مصرف نیتروژن را می‌توان به اثر بازدارندگی نیتروژن معدنی خاک بر گره زایی نسبت داد (الیاس و همکاران، ۲۰۰۸؛ سلیمان و همکاران، ۲۰۰۷).



شکل ۴-۱۰- تأثیر باکتری ریزوبیوم بر تعداد گره

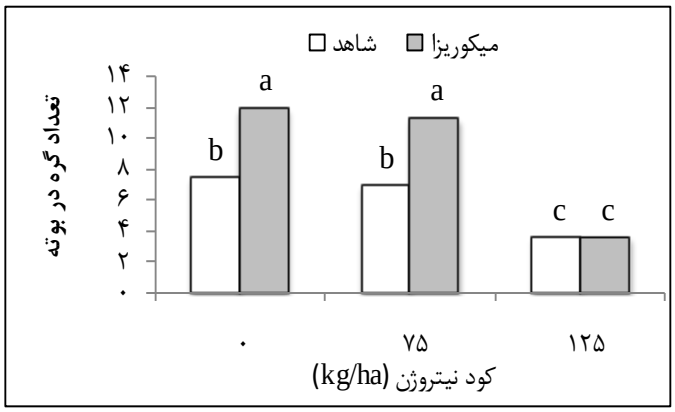


شکل ۴-۱۱- تأثیر کود نیتروژن بر تعداد گره

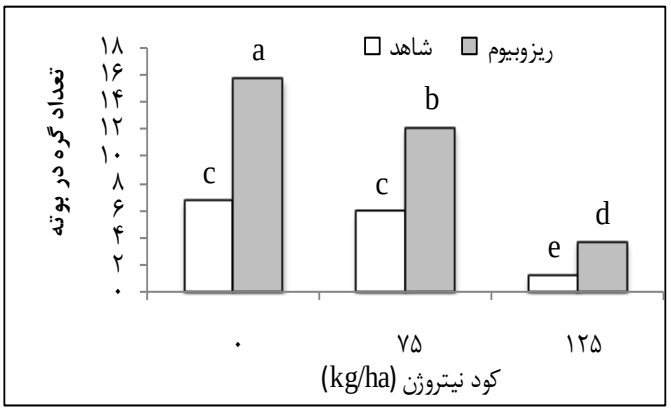
نتایج آزمایش حاکی از آن بود که اثر متقابل میکوریزا و کود نیتروژنه بر تعداد گره معنی‌دار شد (جدول پیوست ۲). تیمار تلقیح با میکوریزا بدون مصرف کود بیشترین تعداد گره را به خود اختصاص داد که از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری با تیمار مصرف میکوریزا همراه با کود سطح ۲ (۷۵ کیلوگرم در هکتار) نداشت. کمترین تعداد گره مربوط به تیمارهای مصرف کود سطح ۳ (۱۲۵ کیلوگرم در هکتار) بود (شکل ۴-۱۲). به نظر می‌رسد قارچ میکوریزا از طریق فراهمی فسفر مورد نیاز در فرآیند تشکیل گره و فرآیند انرژی خواه تثبیت زیستی تأثیر مثبتی نیز بر تعداد گره داشته است. همچنین مصرف ۱۲۵ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار در مرحله ۵۰ درصد گلدهی، نیاز گیاه به نیتروژن را مرتفع ساخته و گیاه انرژی لازم برای انجام فرآیند تثبیت زیستی را در اختیار گره‌های باکتری قرار نمی‌دهد. این امر می‌تواند سبب تضعیف باکتری همزیست و عملکرد آن گردد.

اثر متقابل باکتری ریزوبیوم و کود نیتروژنه بر تعداد گره معنی‌دار بود (جدول پیوست ۲) که در آن تیمار تلقیح با باکتری بدون مصرف کود بیشترین (۱۵/۷۵) و تیمار مصرف ۱۲۵ کیلوگرم کود در هکتار بدون تلقیح با باکتری کمترین (۰/۵۰) تعداد گره را دارا بودند (شکل ۴-۱۳).

نتایج آزمایش نشان داد، اثر اصلی قارچ میکوریزا و اثر متقابل میکوریزا و باکتری ریزوبیوم بر تعداد گره معنی‌دار نبود (جدول پیوست ۲). اثرات متقابل سه‌گانه میکوریزا، باکتری و کود بر تعداد گره معنی‌دار شد (جدول پیوست ۲).



شکل ۴-۱۲- اثر متقابل میکوریزا و کود نیتروژن بر تعداد گره



شکل ۴-۱۳- اثر متقابل باکتری ریزوبیوم و کود نیتروژن بر تعداد گره

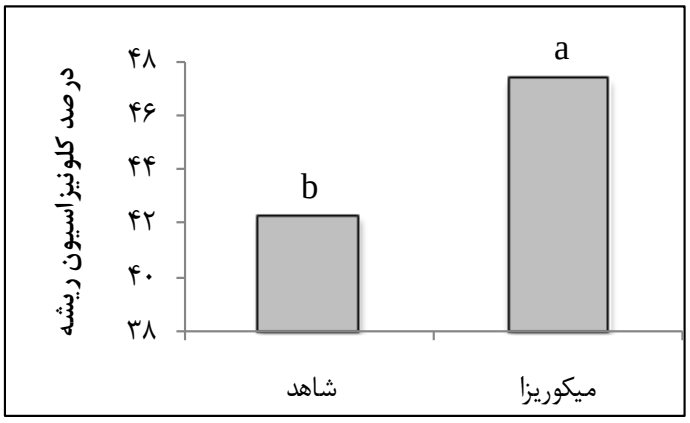
۴-۴ درصد کلونیزاسیون AM

نتایج بررسی درصد کلونیزاسیون AM در مرحله آخر نمونه‌برداری (۷۷ روز پس از کاشت) که مصادف با شروع رسیدگی بذور بود در جدول پیوست (۲) آمده است. نتایج آزمایش نشان داد اثر قارچ میکوریزا بر کلونیزاسیون ریشه معنی‌دار بود (جدول پیوست ۲) به طوری که کلونیزاسیون ریشه‌های تلقیح شده با میکوریزا بیشتر از ریشه‌های عدم تلقیح بود (شکل ۴-۱۴). نتایج تحقیقات ارمان و همکاران (۲۰۱۱) نشان داد ریشه‌های تلقیح شده با قارچ *Glomus intraradices* در نخود باعث افزایش معنی‌داری در کلونیزاسیون ریشه به میزان ۴۳/۸ درصد گردید. همچنین آراموگام و همکاران

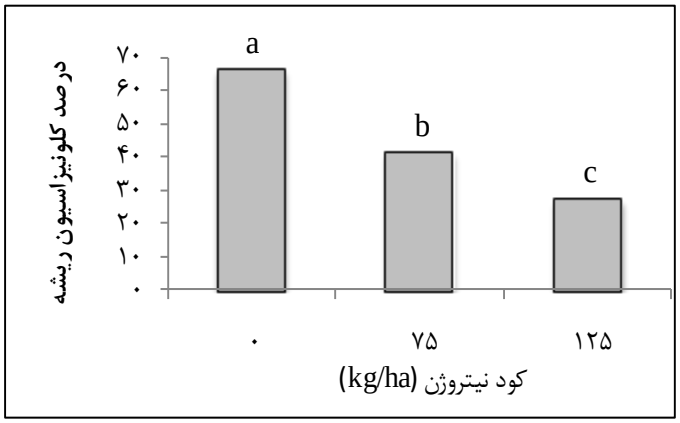
(۲۰۱۰) گزارش کردند کلونیزاسیون ریشه گیاه لوبیا چشم بلبلی فقط در تیمارهای تلقیح با AM و تلقیح دوگانه AM و ریزوبیوم وجود دارد و تیمار مصرف باکتری ریزوبیوم به تنهایی کلونیزاسیون ریشه نداشتند. برین و همکاران (۱۳۸۴) با بررسی اثر تلقیح قارچ میکوریزایی برروی خصوصیات رشدی و تغذیه‌ای گوجه‌فرنگی به این نتیجه رسیدند که گیاهان تلقیح شده با قارچ میکوریزایی نسبت به گیاهان تلقیح نشده با قارچ میکوریزا از درصد کلونیزاسیون بالاتری برخوردار بودند. به نظر می‌رسد که تلقیح میکوریزایی، شرایط مناسبی را برای بهبود درصد همزیستی ریشه در لوبیا فراهم آورده است.

اثر اصلی باکتری بر کلونیزاسیون ریشه لوبیا در مرحله رسیدگی بذور معنی‌دار نبود (جدول پیوست ۲). استانچوا و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند، میزان کلونیزاسیون AM در گیاهان نخود شاهد (عدم تلقیح) و گیاهانی که فقط با ریزوبیوم لگومینوزاروم تلقیح شدند در مقایسه با تیمار میکوریزا کمتر بود.

اثر کود نیتروژن بر کلونیزاسیون ریشه در مرحله رسیدگی بذور در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول پیوست ۲). ملاحظه می‌شود تیمار شاهد بیشترین و تیمار ۱۲۵ کیلوگرم کود در هکتار کمترین میزان کلونیزاسیون ریشه را داشتند (شکل ۴-۱۵). یکی از خصوصیات فیزیکوشیمیایی مهم که موفقیت مایه تلقیحی میکوریزایی را کنترل می‌کند، وضعیت عناصر غذایی خاک است. مقدار زیاد فسفر و همچنین مقادیر زیاد نیتروژن قابل دسترس خاک، معمولاً برای توسعه AM بازدارنده است (هایمن، ۱۹۸۳). در نتیجه سطوح بالای عناصر غذایی موجود در کودهای غیرآلی، کلونیزاسیون میکروبی ریشه‌ای را تغییر می‌دهد، و به ویژه، بر کلونیزاسیون میکوریزایی تأثیر منفی دارد (شلاتر و همکاران، ۲۰۰۳). بروندرت و ابوت (۲۰۰۲) بیان کردند که حتی در غیاب میکوریزای تلقیحی نیز کلونیزاسیون ریشه توسط میکوریزای بومی اتفاق می‌افتد. وجود کلونیزاسیون AM در ریشه‌های عدم تلقیح با قارچ میکوریزا می‌تواند به دلیل وجود قارچ‌های میکوریزا بومی در خاک باشد.



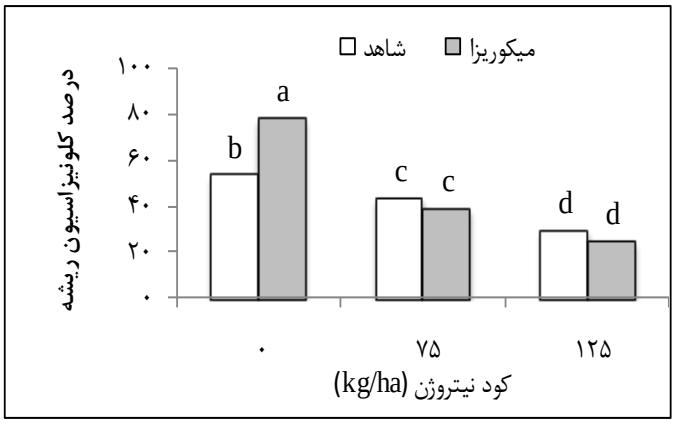
شکل ۴-۱۴- تأثیر قارچ میکوریزا بر کلونیزاسیون ریشه



شکل ۴-۱۵- تأثیر کود نیتروژن بر کلونیزاسیون ریشه

اثر متقابل قارچ میکوریزا و کود نیتروژن بر کلونیزاسیون ریشه لوبیا معنی‌دار شد (جدول پیوست ۲). نتایج نشان داد ریشه‌هایی که تحت تأثیر تلقیح میکوریزا بدون مصرف کود قرار گرفتند، بیشترین (۷۸/۱۵۵ درصد) و ریشه‌های تلقیح شده با میکوریزا همراه مصرف ۱۲۵ کیلوگرم کود در هکتار و ریشه‌های مصرف ۱۲۵ کیلوگرم کود در هکتار بدون تلقیح میکوریزا به ترتیب (۲۴/۷۷۱ و ۲۹/۷۴۶ درصد) کمترین مقدار کلونیزاسیون میکوریزایی را به خود اختصاص دادند (شکل ۴-۱۶). نتایج تحقیقات مورتیمر و همکاران (۲۰۰۹) نشان داد استفاده از NH_4^+ در گیاهان میکوریزایی لوبیا سبب کاهش درصد کلونیزاسیون AM می‌شود. نتایج نشان داد با مصرف کود نیتروژن میزان کلونیزاسیون

ریشه روند نزولی را نشان می‌دهد. این امر می‌تواند به علت اثرات اسمزی (حاصل از کود شیمیایی) مخصوصاً در نواحی نزدیک به ذرات جامد کود بر میکروارگانیسم‌های مفید خاک باشد. همچنین به علت مرتفع شدن محدودیت ناشی از عناصر غذایی در اثر کوددهی گیاه مقدار کمتری از ترکیبات کربنه را به مصرف ریشه، تراوه‌های ریشه‌ای و قارچ‌های میکوریزا اختصاص می‌دهد که منجر به کاهش کلونیزاسیون ریشه می‌گردد. گزارش‌های زیادی مبنی بر اثر منفی کودهای شیمیایی بر میزان کلونیزاسیون ریشه وجود دارد (جایرجیو و همکاران، ۲۰۰۴؛ گرینلر و همکاران، ۲۰۰۶).



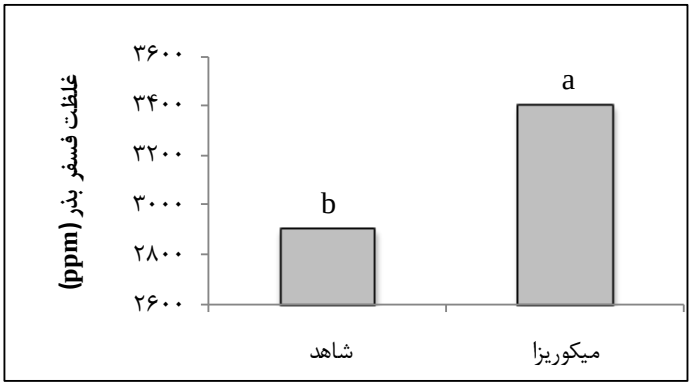
شکل ۴-۱۶- اثر متقابل میکوریزا و کود نیتروژن بر کلونیزاسیون ریشه

اثر متقابل تلقیح باکتری و مصرف کود نیتروژن و اثر تلقیح توأم میکوریزا و باکتری بر روی کلونیزاسیون ریشه معنی‌دار نبود. و اثر متقابل سه‌گانه میکوریزا و ریزوبیوم و مصرف کود نیز بر روی کلونیزاسیون ریشه معنی‌دار شد (جدول پیوست ۲).

۴-۵ فسفر بذر

نتایج آزمایش نشان داد اثر قارچ میکوریزا آربوسکولار بر میزان فسفر بذر لوبیا معنی‌دار بود (جدول پیوست ۲) لذا ملاحظه می‌شود تلقیح گیاه با میکوریزا فسفر بذر را به میزان ۱۷ درصد نسبت به عدم

تلقیح افزایش داده است (شکل ۴-۱۷). نتایج محققین بر روی گیاه نخود نشان داد محتویات فسفر گیاه و دانه در گیاهان تلقیح شده با قارچ میکوریزا بیشتر از گیاهان شاهد (عدم تلقیح) بود (استانچوا و همکاران، ۲۰۰۶؛ ارمان و همکاران، ۲۰۱۱). هنگامی که ریشه‌های گیاه توسط قارچ میکوریزا همزیستی ایجاد می‌کنند، مسیلیوم‌های خارجی قارچ ممکن است، به صورت فیزیکی و شیمیایی جذب فسفر از منابع موجود در خاک را بهبود دهند (اسمیت و رید، ۲۰۰۸). در هیپوسفر قارچ AM، جذب شیمیایی فسفر ممکن است پس از انتشار H^+ و یا اسیدهای آلی از ریشه افزایش یابد (انجین و همکاران، ۲۰۱۰).



شکل ۴-۱۷- تأثیر قارچ میکوریزا بر غلظت فسفر بذر

تلقیح ریزوبیوم به گیاه سبب افزایش مقدار فسفر بذر نسبت به شاهد گردید هر چند این تفاوت از لحاظ آماری معنی‌دار نبود (جدول پیوست ۲). همچنین هیچ یک از اثرات اصلی دیگر و اثرات متقابل بر مقدار فسفر بذر گیاه معنی‌دار نشدند (جدول پیوست ۲).

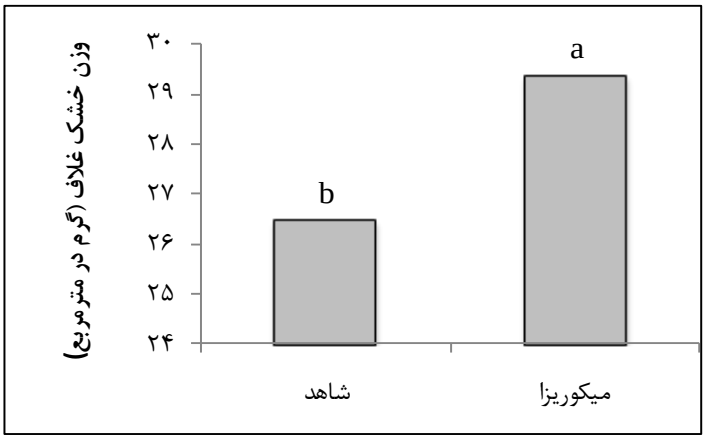
۴-۶ فسفر خاک

نتایج آزمایش نشان داد که میزان فسفر خاک در هیچ کدام از تیمارها معنی‌دار نبود (جدول پیوست ۲) با این وجود تیمار میکوریزا میزان فسفر خاک را نسبت به تیمار عدم تلقیح کاهش داد. این

کاهش می‌تواند به علت همزیستی میکوریزایی در جذب فسفر محلول خاک و تخلیه بخشی از فسفر قابل آبشویی باشد.

۴-۷ وزن خشک غلاف در مترمربع

جدول پیوست (۳) نتایج تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده مربوط به زمان برداشت گیاه (۸۷ روز پس از کاشت) را نشان می‌دهد. نتایج حاکی از آن بود که در این مرحله اثر قارچ میکوریزا بر وزن خشک غلاف در مترمربع معنی‌دار بود (جدول پیوست ۳). مشاهده شد که بیشترین وزن خشک غلاف مربوط به تیمار تلقیح قارچ میکوریزا و کمترین وزن خشک غلاف مربوط به تیمار عدم تلقیح میکوریزا بود. به طوری که این صفت در بوته‌های کرت‌های تلقیح با میکوریزا ۱۰/۹۰ درصد بیشتر از عدم تلقیح بود (شکل ۴-۱۸). به نظر می‌رسد همزیستی میکوریزایی از طریق افزایش جذب مواد غذایی، افزایش جذب آب و یا تولید هورمون‌های رشد سبب افزایش رشد و افزایش وزن اندام‌های هوایی نظیر غلاف می‌گردد.

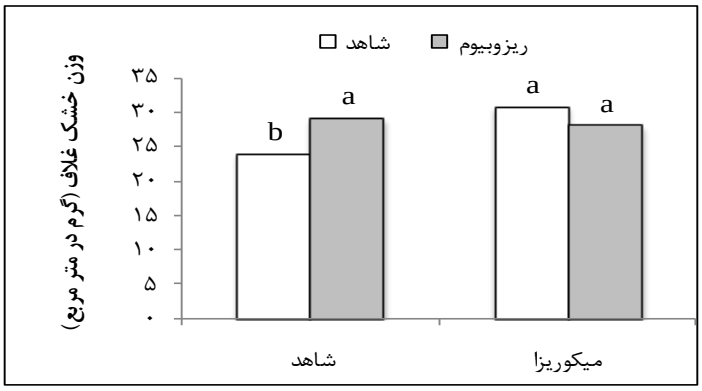


شکل ۴-۱۸- تأثیر قارچ میکوریزا بر وزن خشک غلاف

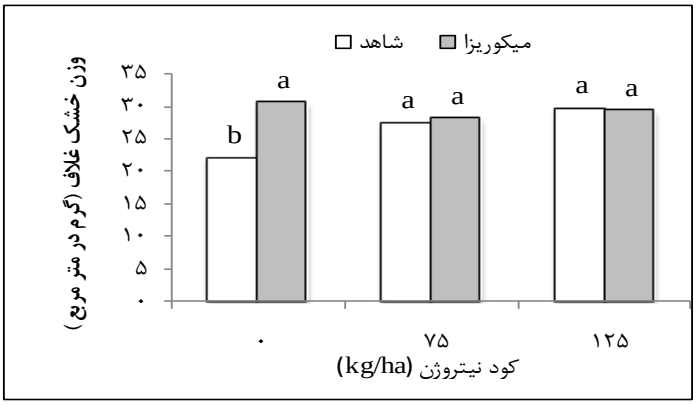
اثر متقابل میکوریزا و باکتری ریزوبیوم بر وزن خشک غلاف در سطح احتمال ۱درصد معنی‌دار بود (جدول پیوست ۳). ملاحظه می‌شود که بیشترین وزن خشک غلاف مربوط به تلقیح گیاه با میکوریزا

بدون تلقیح با باکتری و کمترین مربوط به تیمار شاهد (بدون تلقیح هر دو میکروارگانیسم) بود. همچنین نتایج نشان داد تلقیح توأم میکوریزا و باکتری ریزوبیوم افزایش وزن خشک غلاف را نسبت به شاهد در پی‌داشت (شکل ۴-۱۹).

اثر متقابل قارچ میکوریزا و کود نیتروژن بر وزن خشک غلاف معنی‌دار شد (جدول پیوست ۳). به این ترتیب بوته های تلقیح با میکوریزا به تنهایی بیشترین (۳۰/۶ گرم در مترمربع) و بوته‌های عدم تلیقح و بدون مصرف کود کمترین (۲۲/۱ گرم در مترمربع) مقدار وزن خشک غلاف را داشتند. (شکل ۴-۲۰). در تیمار عدم استفاده از کود نیتروژن و عدم تلقیح با میکوریزا شاید به علت عدم استفاده از نیتروژن و فسفر (حاصل از فعالیت میکوریزا) رشد بوته‌ها و به تبع وزن خشک غلاف از بقیه تیمارها کمتر بود.



شکل ۴-۱۹- اثر متقابل میکوریزا و ریزوبیوم بر وزن خشک غلاف

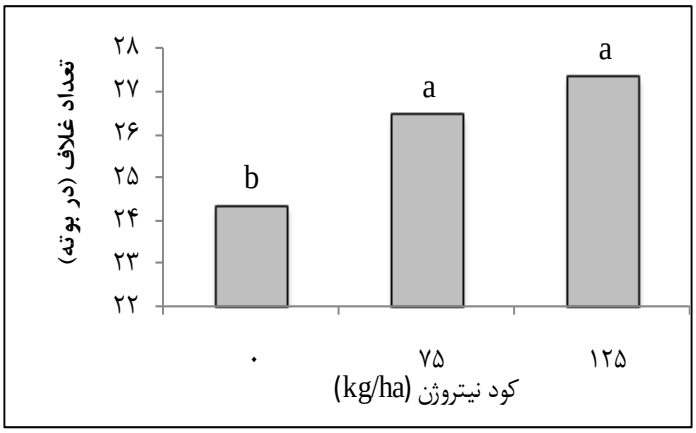


شکل ۴-۲۰-اثر متقابل میکوریزا و کود نیتروژن بر وزن خشک غلاف

در این تحقیق اثر اصلی باکتری ریزوبیوم، اثر کود نیتروژن، تلقیح توأم باکتری و کود و اثر متقابل سه عامل آزمایش بر وزن خشک غلاف معنی‌دار نبودند (جدول پیوست ۳).

۴-۸ تعداد غلاف در بوته

نتایج آزمایش نشان داد، در زمان برداشت (۸۷ روز پس از کاشت)، اثر کود نیتروژن بر تعداد غلاف در بوته در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول پیوست ۳). میانگین نتایج به دست آمده نشان داد، سطوح مصرف کود نیتروژن به میزان ۷۵ و ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار موجب افزایش تعداد غلاف نسبت به شاهد (عدم مصرف کود) گردید. و با توجه به نتایج آزمایش بیشترین تعداد غلاف در بوته در زمان مصرف ۱۲۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بدست آمد (شکل ۴-۲۱). نیتروژن نقش مهمی را به عنوان جزئی از ساختار سلولی و ترکیبات فعال سوخت و ساز بازی می‌کند و جزء ساختار کلروفیل، پروتوپلاسم و آنزیم‌ها است به علاوه نیتروژن بهره‌گیری از فسفر و پتاسیم را افزایش می‌دهد (بت و همکاران، ۲۰۱۱)، بنابراین دسترسی بیشتر به نیتروژن، قابلیت جذب، تجمع ماده خشک و انتقال مواد غذایی را در مراحل اولیه رشد به نحو چشمگیری افزایش می‌دهد که به نوعی خود صفات عملکرد را بهبود می‌دهد (کومار و همکاران، ۲۰۰۲؛ شارما و همکاران، ۲۰۰۳).

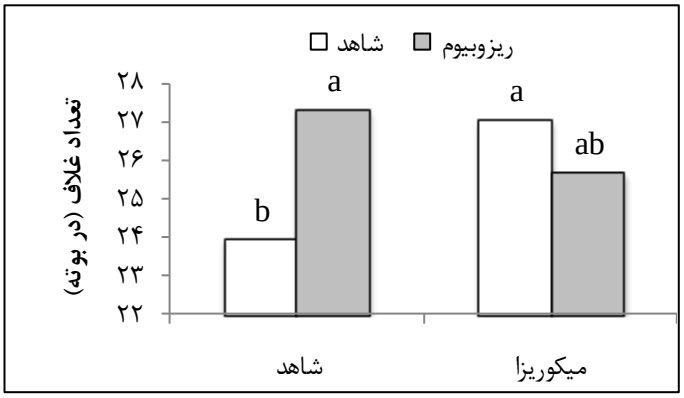


شکل ۴-۲۱- تأثیر کود نیتروژن بر تعداد غلاف در بوته

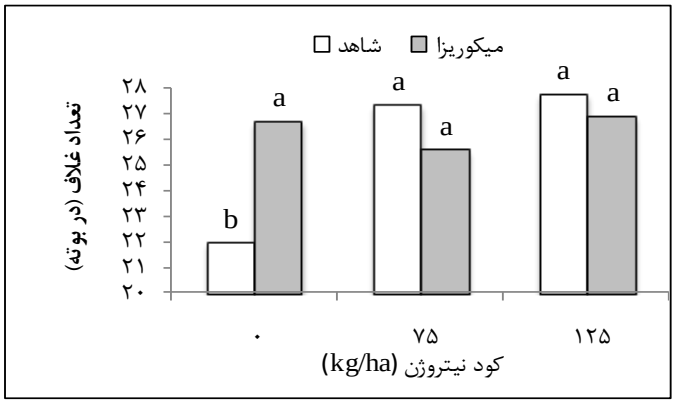
هر چند اثر اصلی قارچ میکوریزا و اثر اصلی باکتری به تنهایی بر تعداد غلاف معنی‌دار نشد اما اثر متقابل قارچ و باکتری بر تعداد غلاف در بوته در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول پیوست ۳). در بوته‌های عدم تلقیح با میکوریزا و عدم تلقیح با باکتری کمترین تعداد غلاف (۲۴) به دست آمد، در حالی که بیشترین تعداد غلاف به ترتیب در بوته‌های تلقیح با باکتری بدون تلقیح میکوریزا و بوته-های تلقیح با میکوریزا بدون تلقیح باکتری به میزان (۲۷/۳۶ و ۲۷/۰۸) مشاهده شد. همچنین نتایج نشان داد تلقیح توأم باکتری و قارچ در بوته‌ها تعداد غلاف را افزایش داد. (شکل ۴-۲۲).

اثر متقابل میکوریزا و کود نیتروژن بر تعداد غلاف در بوته در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول پیوست ۳). نتایج مقایسه میانگین نشان می‌دهد کمترین میزان تعداد غلاف در بوته‌های شاهد (بدون مصرف کود و میکوریزا) و بیشترین تعداد غلاف در مصرف ۱۲۵ کیلوگرم کود در هکتار به دست آمد که تفاوت معنی‌داری با دیگر تیمارها نداشت (شکل ۴-۲۳).

اثر متقابل سه عامل میکوریزا و ریزوبیوم و مصرف کود بر تعداد غلاف در بوته معنی‌دار شد (جدول پیوست ۳). همچنین در این آزمایش اثر تلقیح توأم ریزوبیوم و کود نیتروژن بر تعداد غلاف معنی‌دار نبود (جدول پیوست ۳).



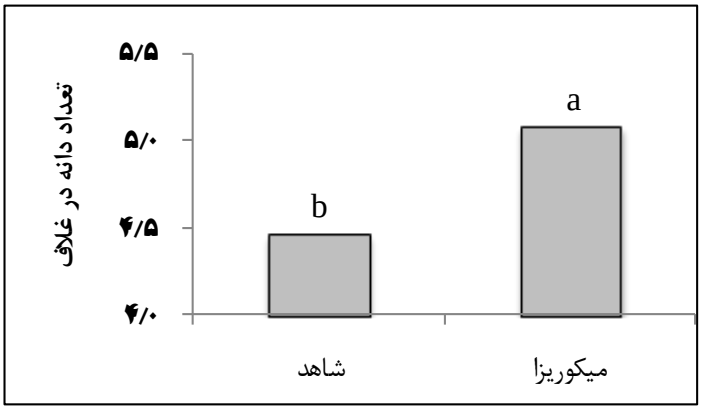
شکل ۴-۲۲- اثر متقابل میکوریزا و ریزوبیوم بر تعداد غلاف در بوته



شکل ۴-۲۳- اثر متقابل میکوریزا و کود نیتروژن بر تعداد غلاف در بوته

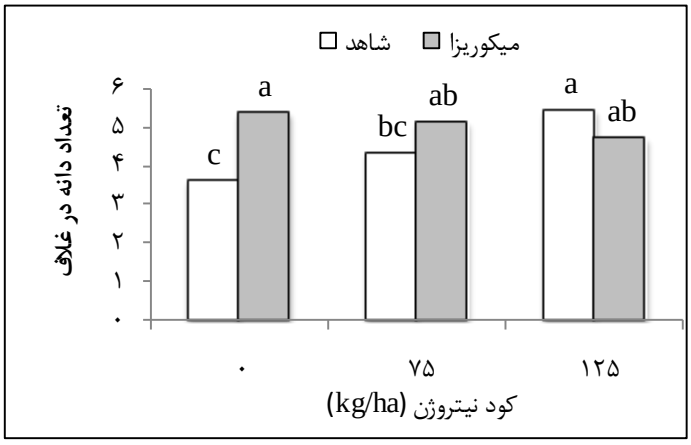
۴-۹ تعداد دانه در غلاف

نتایج آزمایش نشان می‌دهد اثر قارچ میکوریزا آربوسکولار بر تعداد دانه در غلاف معنی‌دار بود (جدول پیوست ۳) و بیشترین تعداد دانه متعلق به تلقیح با میکوریزا بود (شکل ۴-۲۴). ارمان و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند تلقیح قارچ گلوموس اینترارادیسز در گیاه نخود سبب افزایش معنی-داری در تعداد شاخه در بوته، وزن صد دانه، تعداد دانه در هر بوته، عملکرد و اجزای عملکرد گردید. به نظر می‌رسد که قارچ میکوریزا، از طریق افزایش رشد ریشه‌های جانبی و افزایش وزن برگ و ریشه سبب افزایش جذب مواد غذایی بیشتر گردیده که به نوبه خود باعث افزایش رشد رویشی و افزایش سهم اندام‌های زایشی از جمله تعداد دانه در غلاف شد.



شکل ۴-۲۴- تأثیر قارچ میکوریزا بر تعداد دانه در غلاف

اثر متقابل میکوریزا و کود نیتروژن بر تعداد دانه در غلاف در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول پیوست ۳). همانگونه که در شکل شماره (۴-۲۵) مشاهده می‌گردد تیمار شاهد (بدون کود نیتروژن و میکوریزا) کمترین مقدار دانه در غلاف را دارا بود و بیشترین تعداد دانه در غلاف متعلق به تیمار مصرف ۱۲۵ کیلوگرم کود نیتروژنه بدون مصرف میکوریزا بود. نتایج حاکی از آن است که تیمار استفاده از تلقیح میکوریزایی در سطوح پایین مصرف کود نیتروژن مؤثرتر از سطوح بالای مصرف نیتروژن بود. به طوری که در تیمار میکوریزا بدون کود نیتروژن، میکوریزا توانست تعداد دانه در غلاف را به میزان ۴۸ درصد افزایش داد. کاهش کارآیی میکوریزا در هنگام استفاده از کود نیتروژن به خصوص در سطوح بالا را می‌توان به کاهش کلونیزاسیون ریشه، کاهش فعالیت باکتری‌های ریزوبیوم و گره‌زایی در اثر مصرف کود نیتروژنه زیاد که می‌توانند بر رشد و اجزای عملکرد گیاه تأثیر بگذارند، نسبت داد.



شکل ۴-۲۵- اثر متقابل میکوریزا و کود نیتروژن بر تعداد دانه در غلاف

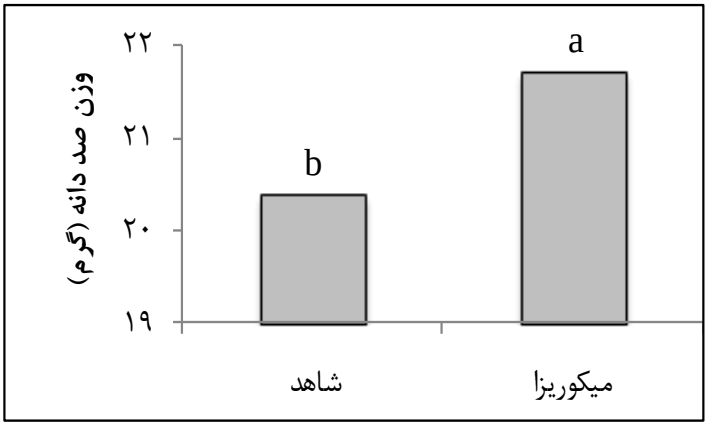
۴-۱۰ وزن صد دانه

جدول پیوست (۳)، نتایج تجزیه واریانس وزن صد دانه را نشان می‌دهد. اثر قارچ میکوریزا بر وزن صد دانه در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. بر اساس نتایج، تلقیح بوته‌ها با میکوریزا سبب

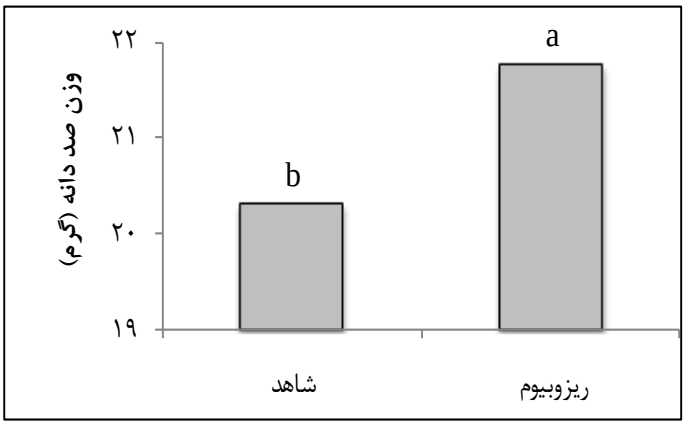
افزایش وزن صد دانه نسبت به بوته‌های عدم تلقیح شد (شکل ۴-۲۶). ایلباس و ساهین (۲۰۰۵) گزارش کردند که تلقیح سویا با قارچ میکوریزایی آربوسکولار *Glomus fasciculatum* موجب افزایش وزن هزار دانه سویا گردید.

باکتری ریزوبیوم تأثیر معنی‌داری بر وزن صد دانه داشت (جدول پیوست ۳). به طوری که بوته‌های تلقیح یافته با این باکتری وزن صد دانه بیشتری نسبت به شاهد داشتند (شکل ۴-۲۷). نتایج آزمایشات قربانی نصرآبادی و همکاران (۱۳۸۱) بر روی تلقیح گیاه سویا با باکتری برادی‌ریزوبیوم ژانپیکوم نشان داد مقدار وزن دانه، عملکرد بیولوژیک و درصد نیتروژن بخش هوایی گیاه به ترتیب۲۰، ۲ و ۴ برابر تیمار عدم تلقیح افزایش یافت. احتمالاً اختلاف اخیر مربوط به میزان فراهمی نیتروژن و توان تثبیت نیتروژن توسط باکتری همزیست می‌باشد که موجب افزایش وزن صد دانه نسبت به شاهد گردید.

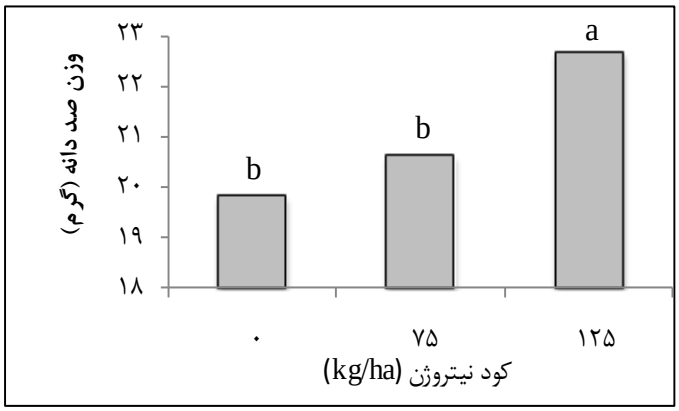
نتایج نشان می‌دهد وزن صد دانه تحت تأثیر مصرف کود نیتروژن قرار گرفت و در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول پیوست ۳). به طوری که مصرف ۱۲۵ کیلوگرم کود در هکتار موجب ۱۴/۴۸ درصد افزایش در وزن صد دانه نسبت به شاهد شد. بین سطوح مصرف کود نیتروژن اختلاف معنی‌داری وجود دارد (شکل ۴-۲۸). این نتایج با یافته‌های شهسواری و صفاری (۱۳۸۴) مطابقت داشت. آزمایش این محققین نشان داد که مصرف سطوح بالاتر کود نیتروژن (۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) در مقایسه با سطوح پایین‌تر (۱۰۰ و۵۰ کیلوگرم) افزایش معنی‌داری بر وزن هزار دانه گندم داشته است. به نظر می‌رسد فراهمی و در دسترس بودن میزان قابل توجه نیتروژن باعث افزایش و تجمع ماده خشک بیشتری در اندام‌های زایشی گیاه می‌گردد که به نوبه خود سبب افزایش وزن دانه‌ها می-شود.



شکل ۴-۲۶- تأثیر قارچ میکوریزا بر وزن صد دانه



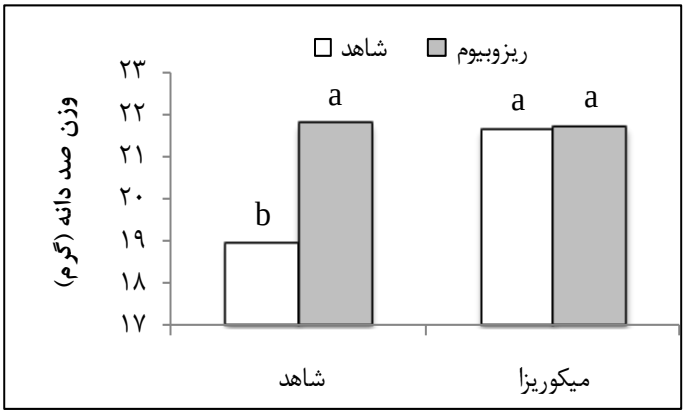
شکل ۴-۲۷- تأثیر باکتری ریزوبیوم بر وزن صد دانه



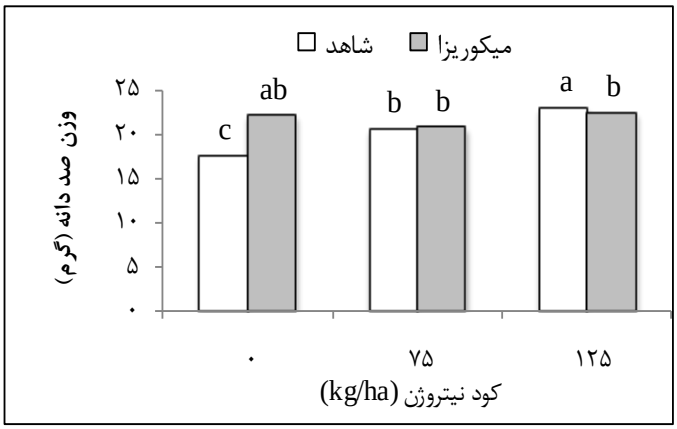
شکل ۴-۲۸- تأثیر کود نیتروژن بر وزن صد دانه

اثر متقابل میکوریزا و ریزوبیوم بر وزن صد دانه معنی‌دار بود (جدول پیوست ۳). کمترین وزن صد دانه را تیمار بدون تلقیح قارچ و باکتری (شاهد) بدست آورد. و تیمار مصرف باکتری بدون میکوریزا بیشترین وزن صد دانه را دارا بود. همچنین نتایج نشان داد تلقیح توأم دو میکروارگانیسم سبب افزایش وزن صد دانه گردید (شکل ۴-۲۹). تلقیح هر دو میکروارگانیسم به گیاه، ظرفیت گیاهان را در استفاده از نور، آب، مواد مغذی و CO_2 افزایش می‌دهد و مواد متابولیک زیادی تولید می‌شود که به راحتی از منبع (Source) به مخزن (Sink) جابه‌جا می‌شوند، و در نهایت در غلاف و دانه‌ها انباشته می‌گردند (باجیآراج، ۱۹۷۹). بنابراین این امر می‌تواند باعث افزایش وزن دانه‌ها گردد.

اثر متقابل میکوریزا و کود نیتروژن در سطح احتمال ۱ درصد بر وزن صد دانه معنی‌دار شد (جدول پیوست ۳). نتایج نشان داد بیشترین وزن صد دانه به ترتیب در بوته‌های با مصرف ۱۲۵ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار بدون تلقیح به میزان (۲۳/۰۱۱ گرم) مشاهده شد که این مقدار با مقدار عددی گیاهان تلقیح شده با میکوریزا بدون مصرف کود اختلاف معنی‌داری نداشت. کمترین مقدار وزن صد دانه در تیمار شاهد (۱۷/۵۶ گرم) به دست آمد (شکل ۴-۳۰).



شکل ۴-۲۹- اثر متقابل میکوریزا و ریزوبیوم بر وزن صد دانه



شکل ۴-۳۰- اثر متقابل میکوریزا و کود نیتروژن بر وزن صد دانه

نتایج حاکی از آن بود که اثر متقابل باکتری و کود نیتروژن و اثرات سه‌گانه میکوریزا و باکتری و کود بر وزن صد دانه معنی‌دار نبود (جدول پیوست ۳).

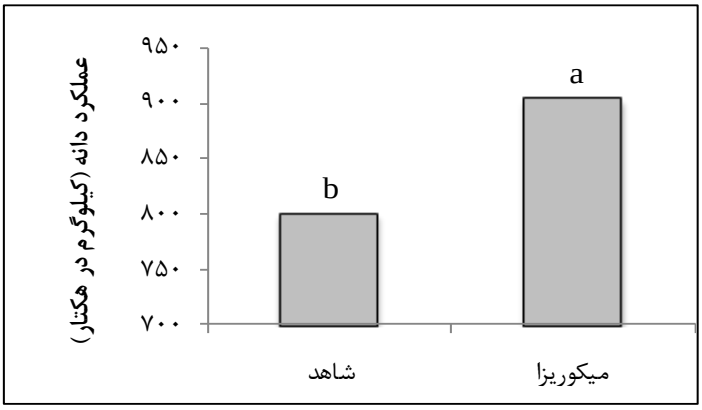
۴-۱۱ عملکرد دانه در هکتار

عملکرد دانه تحت تأثیر تلقیح قارچ میکوریزا قرار گرفت و در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول پیوست ۳). بررسی عملکرد دانه در زمان برداشت نشان داد، عملکرد دانه در گیاهان تلقیح با میکوریزا ۱۲/۸۸ درصد بیشتر از گیاهان عدم تلقیح بود (شکل ۴-۳۱). لازم به ذکر است که به علت شیوع بیماری گیاهان زودتر از موعد برداشت شدند و همین امر باعث شد که عملکرد گیاه نسبت به عملکرد ذکر شده در منابع کمتر باشد. کارلینگ و برون (۱۹۸۲) اظهار نمودند که یکی از مهمترین آثار کاربرد قارچ‌های میکوریزایی افزایش عملکرد گیاهان زراعی خصوصاً در خاک‌هایی با حاصلخیزی پایین است. این افزایش عملکرد به دلیل افزایش سطح جذب ریشه‌ها از طریق نفوذ مسیلیوم قارچ در خاک و به تبع آن دسترسی گیاه زراعی به حجم بیشتری از خاک می باشد.

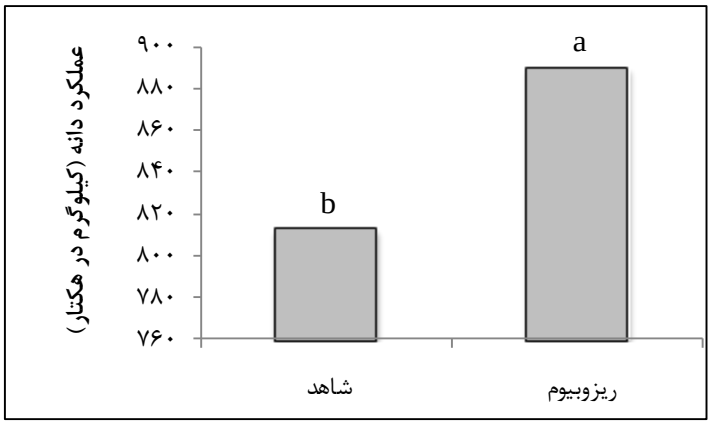
در این بررسی اثر باکتری ریزوبیوم لگومینوزاروم بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول پیوست ۳). به طوری که تلقیح گیاه باکتری ریزوبیوم عملکرد دانه را به میزان (۸۸۹/۶۸ کیلوگرم در هکتار) نسبت به گیاهان عدم تلقیح باکتری (۸۱۲/۹۱ کیلوگرم در هکتار) افزایش داد (شکل ۴-۳۲). نتایج آزمایشات

قاسمی پیربلوطی و همکاران (۱۳۸۳) نشان داد که تلقیح بذرهای ارقام لوبیا با سویه‌های مختلف باکتری *Rhizobium leguminosarum* اثرات مثبت معنی‌داری بر صفاتی از جمله عملکرد دانه، وزن خشک غلاف در بوته، تعداد غلاف در بوته و میزان درصد تثبیت نیتروژن دارد. با توجه به نتایج بت و همکاران (۲۰۱۱) در تلقیح ماش سبز با باکتری ریزوبیوم، افزایش معنی‌داری در عملکرد دانه و جذب عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم نسبت به شاهد (عدم تلقیح) مشاهده شد. افزایش عملکرد دانه در نتیجه تلقیح گیاه با باکتری ریزوبیوم لگومینوزاروم می‌تواند به علت تولید هورمون‌های رشد، سنتز انواع ویتامین‌ها و افزایش مقاومت گیاه در برابر عامل بیماری‌زا توسط این باکتری‌ها باشد که سبب افزایش رشد و عملکرد گیاه می‌شود.

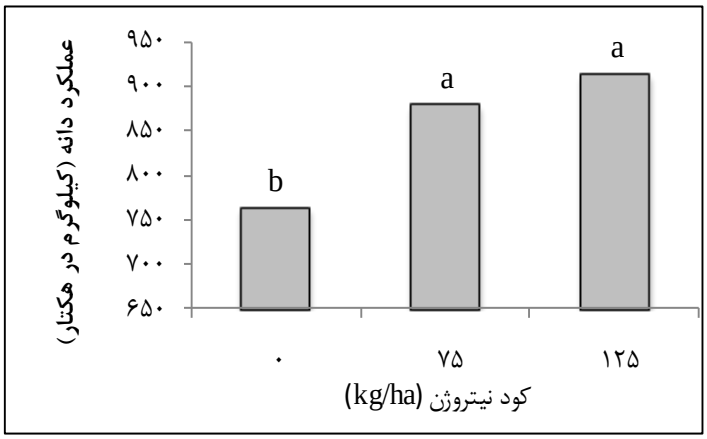
اثر کود نیتروژن بر عملکرد دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول پیوست ۳). به طوری که بیشترین عملکرد دانه در گیاهان مصرف کود نیتروژن (۷۵ و ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار) و کمترین عملکرد دانه در بوته‌های عدم مصرف کود نیتروژن مشاهده شد. بین سطوح کودی ۷۵ و ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار تفاوت معنی‌داری دیده نشد (شکل ۴-۳۳). بر طبق نتایج محمودی (۱۳۸۴) عملکرد دانه نخود در طی تیمارهای کود شیمیایی فسفره و نیتروژنه و تلقیح باکتری ریزوبیوم، مصرف کود نیتروژن در کلیه تیمارها موجب افزایش عملکرد دانه گردید. از آنجایی که مصرف نیتروژن بر فعل و انفعالات بیوشیمیایی، فتوسنتز، افزایش طول دوره رویش و تجمع ماده خشک بیشتر اندام‌های هوایی و اجزاء عملکرد دانه مؤثر است به نظر می‌آید تأثیر آن بر عملکرد دانه بدیهی باشد.



شکل ۴-۳۱- تأثیر قارچ میکوریزا بر عملکرد دانه

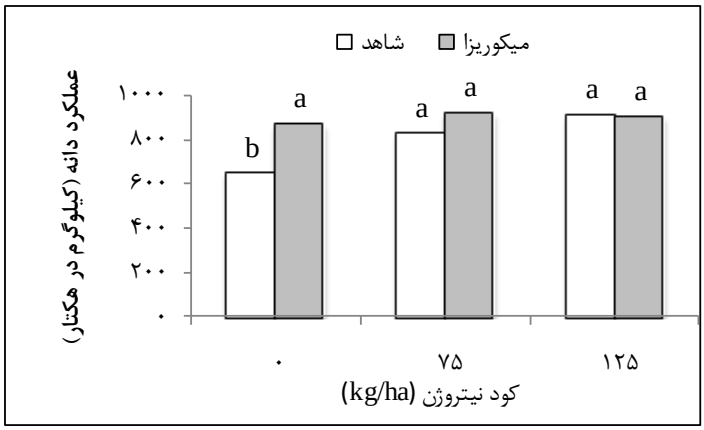


شکل ۴-۳۲- تأثیر باکتری ریزوبیوم بر عملکرد دانه



شکل ۴-۳۳- تأثیرکود نیتروژن بر عملکرد دانه

نتایج نشان داد اثر متقابل میکوریزا و کود نیتروژن بر عملکرد دانه معنی‌دار شد (جدول پیوست ۳). ملاحظه می‌شود که تیمار بدون تلقیح و بدون مصرف کود (شاهد) کمترین و تیمار تلقیح قارچ میکوریزا همراه مصرف ۷۵ کیلوگرم کود در هکتار که در یک سطح معنی‌داری با بقیه تیمارها می‌باشد بیشترین عملکرد دانه را بدست آورد (شکل ۴-۳۴).



شکل ۴-۳۴- اثر متقابل میکوریزا و کود نیتروژن بر عملکرد دانه

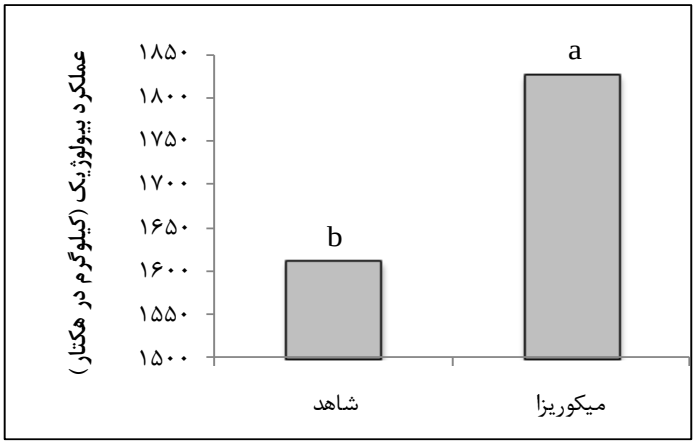
اثر متقابل میکوریزا و ریزوبیوم، ریزوبیوم و کود و اثرات متقابل سه عامل میکوریزا و باکتری و کود بر عملکرد دانه در هکتار معنی‌دار نشد (جدول پیوست ۳).

۴-۱۲ عملکرد بیولوژیک

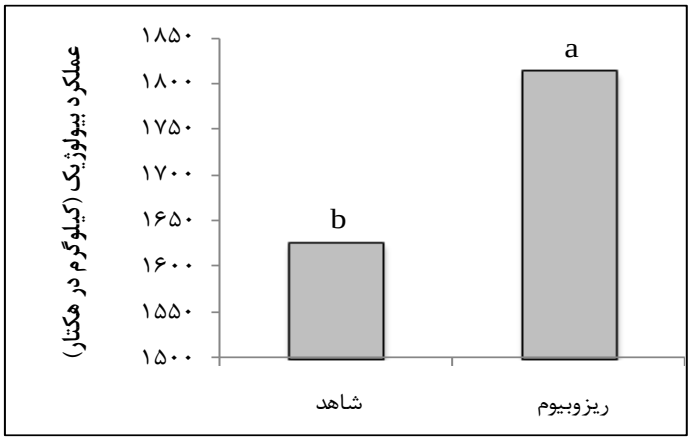
جدول پیوست (۳) نتایج تجزیه واریانس عملکرد بیولوژیک را در زمان برداشت (۸۷ روز پس از کاشت) نشان می‌دهد. نتایج نشان داد اثر قارچ میکوریزا بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود و بیشترین عملکرد در شرایطی بدست آمد که گیاه با قارچ میکوریزا تلقیح شده بود. به طوری که عملکرد بیولوژیک در بوته‌های تلقیح یافته با میکوریزا ۱۳/۲۸ درصد بیشتر از بوته‌های بدون تلقیح بود (شکل ۴-۳۵). کاتلین و کراس (۲۰۰۶) اعلام کردند عملکرد بیولوژیک بسیاری از گیاهان که با قارچ میکوریزایی همزیستی دارند نسبت به گیاهان که در محیط رشدشان قارچ میکوریزا وجود ندارد بالاتر است. نادیان (۱۳۸۴) گزارش نمود که وزن ماده خشک شبدر برسیم میکوریزایی از شاهد به طور معنی‌داری بیشتر شد. به نظر می‌رسد همزیستی میکوریزایی با افزایش فراهمی فسفر مورد نیاز و بهبود شرایط فیزیکی خاک، ضمن ایجاد یک محیط مناسب برای رشد ریشه، موجبات افزایش رشد اندام‌های هوایی نظیر ساقه، برگ و غلاف و متعاقب آن افزایش تولید ماده خشک (عملکرد بیولوژیک) را فراهم آورده است.

تلقیح گیاه با باکتری ریزوبیوم تأثیر معنی‌داری بر عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال ۱ درصد داشت (جدول پیوست ۳) به طوری که بیشترین عملکرد بیولوژیک در بوته‌های تلقیح یافته با باکتری به میزان ۱۸۱۲/۱۲ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد بیولوژیک در بوته‌های بدون تلقیح به میزان ۱۶۲۵/۶۷ کیلوگرم در هکتار بدست آمد (شکل ۴-۳۶). محققین آلبایراک و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند تلقیح ارقام معمولی ماش با باکتری ریزوبیوم منجر به افزایش عملکرد بیولوژیک (۸/۵ درصد)، عملکرد کاه (۱۰/۴ درصد) در مقایسه با ارقام تلقیح نشده گردید.

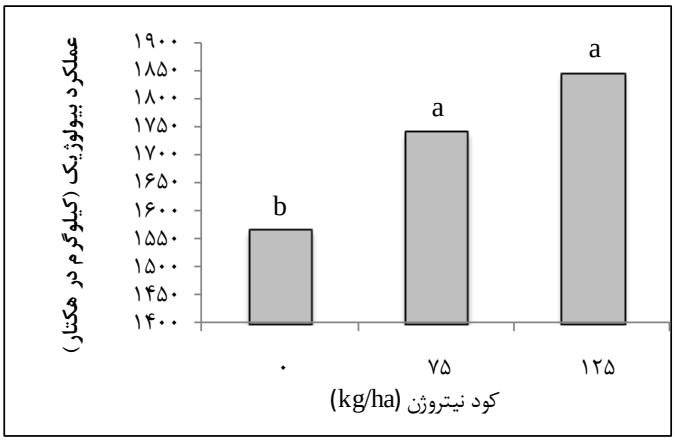
اثر کود نیتروژن بر عملکرد بیولوژیک بسیار معنی‌دار بود (جدول پیوست ۳). مصرف کود نیتروژن موجب افزایش این صفت نسبت به شاهد شد. اختلاف معنی‌داری میان سطوح ۷۵ و ۱۲۵ کیلوگرم کود در هکتار در عملکرد بیولوژیک مشاهده نشد (شکل ۴-۳۷). نتایج سلیمانی و اصغرزاده (۱۳۸۹) مبنی بر تلقیح مزوریزوبیوم و مصرف کود بر گیاه نخود نشان داد مصرف کود نیتروژن (اوره) سبب افزایش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک نخود نسبت به گیاهان شاهد (عدم مصرف کود) شد. راعی و همکاران (۱۳۸۷) گزارش کردند عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه در دو سطح کود نیتروژن (۱۵۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) در سویا بیشتر از گیاهان عدم کاربرد کود بود. همچنین پژوهش‌های آن‌ها نشان داد بین سطوح مصرف کود تفاوت معنی‌داری نبود.



شکل ۴-۳۵- تأثیر قارچ میکوریزا بر عملکرد بیولوژیک



شکل ۴-۳۶- تأثیر باکتری ریزوبیوم بر عملکرد بیولوژیک



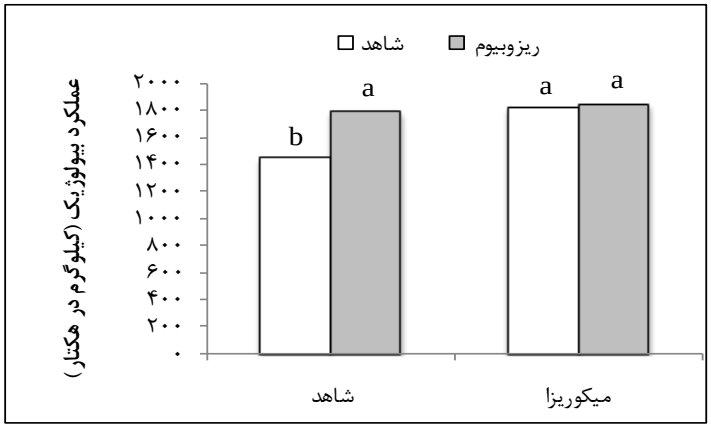
شکل ۴-۳۷- تأثیر کود نیتروژن بر عملکرد بیولوژیک

اثر متقابل میکوریزا و باکتری ریزوبیوم بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود (جدول پیوست ۳) به طوری که بوته‌های بدون تلقیح با هر دو میکروارگانیسم کمترین مقدار عملکرد بیولوژیک را داشتند. و تیمارهای تلقیح توأم باکتری و قارچ در یک سطح معنی‌داری با تیمارهای تلقیح یگانه باکتری یا میکوریزا، بیشترین مقدار عملکرد بیولوژیک را دارا بودند (شکل ۴-۳۸).

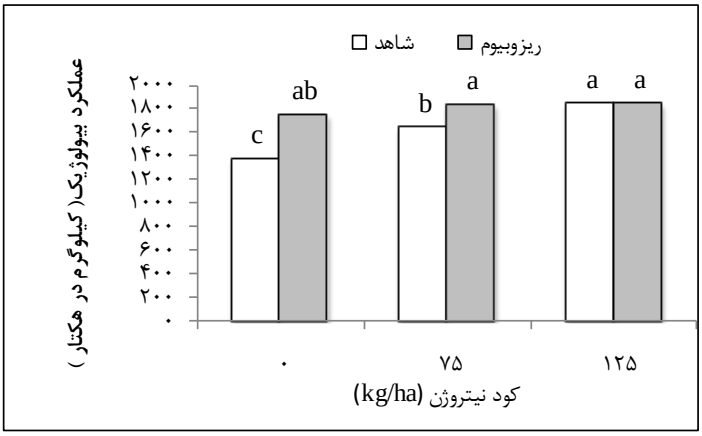
نتایج تحقیقات حاکی از آن بود که اثر متقابل باکتری و کود نیتروژن بر عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول پیوست ۳). به این ترتیب تیمار بدون تلقیح و بدون مصرف کود (شاهد) کمترین و تیمار مصرف ۱۲۵ کیلوگرم کود در هکتار بدون تلقیح که در یک سطح

معنی‌داری با تیمارهای تلقیح باکتری به همراه مصرف کود بود، بیشترین مقدار عملکرد بیولوژیک را بدست آورد (شکل ۴-۳۹). نیتروژن به عنوان پر مصرف‌ترین عنصر غذایی در گیاه موجب افزایش رشد و عملکرد می‌شود و منابع نیتروژن چه از طریق کود نیتروژن و چه از طریق تثبیت زیستی باکتری، دسترسی گیاه به آن را آسان‌تر می‌کنند (گان و همکاران، ۲۰۰۲).

اثر متقابل میکوریزا و کود نیتروژن و اثر متقابل سه‌گانه‌ی آزمایش به این صفت معنی‌دار نبود (جدول پیوست ۳).



شکل ۴-۳۸- اثر متقابل میکوریزا و ریزوبیوم بر عملکرد بیولوژیک



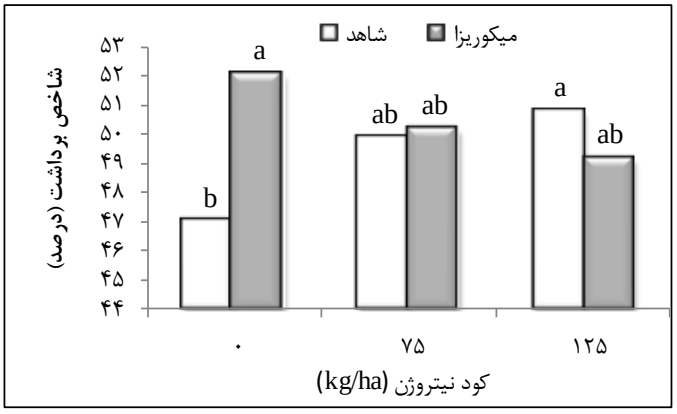
شکل ۴-۳۹- اثر متقابل باکتری ریزوبیوم و کود نیتروژن بر عملکرد بیولوژیک

۴-۱۳ شاخص برداشت

این صفت که حاصل نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک می‌باشد، همبستگی زیادی با این دو عملکرد دارد و در واقع توضیحی است بر این که چه مقدار آسمیلات‌ها از سایر اندام گیاه به دانه اختصاص یافته است (ناظری و همکاران، ۱۳۸۹).

در این بررسی اثرات اصلی قارچ میکوریزا، باکتری ریزوبیوم و کود نیتروژن و اثرات متقابل میکوریزا و ریزوبیوم، اثرات متقابل ریزوبیوم و کود و اثرات متقابل سه عامل آزمایش بر شاخص برداشت معنی-دار نشد (جدول پیوست ۳).

بر اساس نتایج جدول پیوست (۳)، اثر متقابل قارچ میکوریزا و کود نیتروژن بر شاخص برداشت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بود. بیشترین شاخص برداشت به ترتیب در شرایط تلقیح میکوریزا بدون مصرف کود و مصرف ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار بدون تلقیح بدست آمد. درحالی که کمترین شاخص برداشت مربوط به تیمار بدون مصرف کود و بدون تلقیح بود (شکل ۴-۴۰). افزایش شاخص برداشت در تلقیح با میکوریزا را می‌توان بدین صورت توجیه نمود که قارچ میکوریزا با تأثیر بر تسهیم وزن خشک بوته و تخصیص ماده خشک بیشتر و افزایش عملکرد دانه ها سبب بالا رفتن شاخص برداشت در لوبیا شده است.



شکل ۴-۴۰- اثر متقابل میکوریزا و کود نیتروژن بر شاخص برداشت

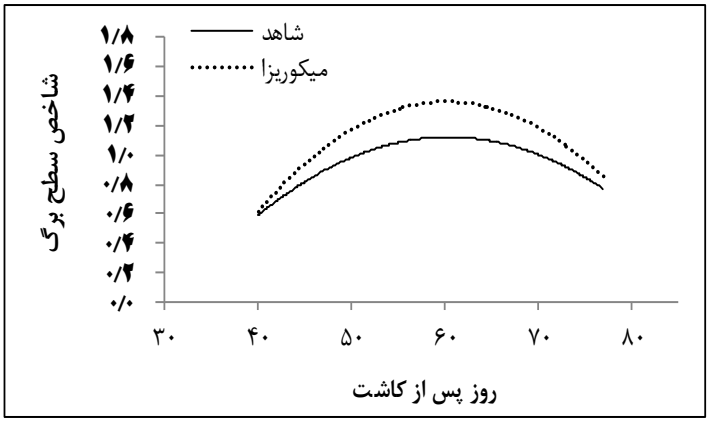
۴-۱۴ شاخص سطح برگ (LAI)

میزان افزایش سطح برگ تعیین کننده ظرفیت فتوسنتزی گیاه است. به این ترتیب با تغییر در سطح برگ که تحت تأثیر ژنوتیپ، تراکم بوته، آب و هوا و حاصلخیزی خاک قرار دارد، عملکرد گیاه نیز متفاوت است (باویک و باویک، ۲۰۰۲). شاخص سطح برگ به طور کلی در طول دوره رشد نسبت به زمان از معادله درجه دوم پیروی می‌نماید و پس از یک سیر صعودی و رسیدن به یک حداکثر، مجدداً سیر نزولی می‌یابد.

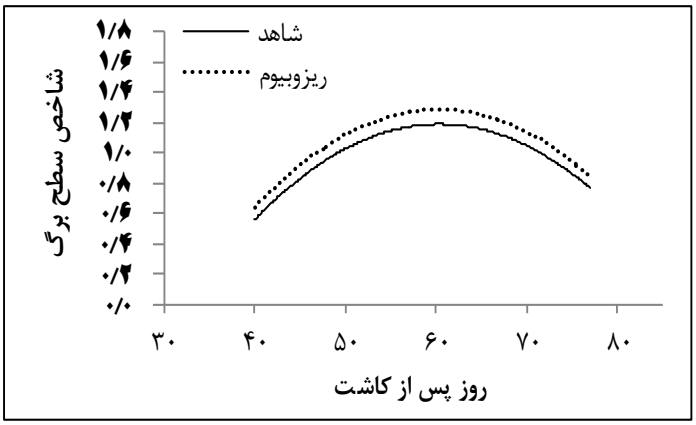
تغییرات شاخص سطح برگ تحت تأثیر تلقیح میکوریزا در جدول پیوست (۴) نشان داده است، این قارچ تأثیر قابل توجهی بر روند شاخص سطح برگ نسبت به شاهد گذاشت. با گذشت ۴۰ روز پس از کاشت گیاهان به تلقیح با قارچ *Glomus intraradices* پاسخ داده و مقدار LAI در بوته های تلقیح یافته بیشتر از شاهد بود. حداکثر میزان شاخص سطح برگ در ۶۰ روز پس از کاشت بدست آمد. در انتهای فصل رشد شاخص سطح برگ کاهش یافت (شکل ۴-۴۱ و جدول پیوست ۴).

روند تغییرات شاخص سطح برگ در پاسخ به کاربرد باکتری ریزوبیوم لگومینوزارم نشان داد که این باکتری موجب افزایش میزان LAI بوته‌های تلقیح یافته شدند (شکل ۴-۴۲). حداکثر میزان LAI در ۶۰ روز پس از کاشت به میزان ۱/۴۸حاصل شد (جدول پیوست ۴). افزایش LAI در نتیجه کاربرد باکتری ریزوبیوم لگومینوزاروم بر لوبیا توسط کاظمی (۱۳۸۹) گزارش شد.

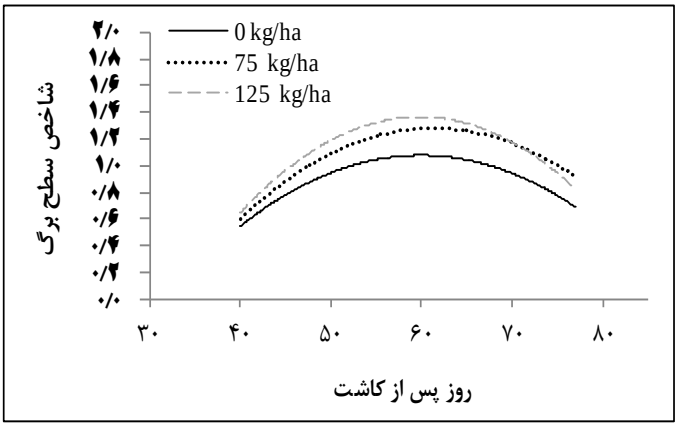
تغییرات شاخص برگ تحت تأثیر مصرف کود نیتروژن در شکل (۴-۴۳) نشان داده است. مصرف کود تأثیر قابل توجهی بر شاخص سطح برگ نسبت به شاهد گذاشت. بیشترین شاخص سطح برگ در۶۰ روز پس از کاشت به دست آمد (جدول پیوست ۴).



شکل ۴-۴۱- تأثیر قارچ میکوریزا بر شاخص سطح برگ



شکل ۴-۴۲- تأثیر باکتری ریزوبیوم بر شاخص سطح برگ



شکل ۴-۴۳- تأثیر کود نیتروژن بر شاخص سطح برگ

۴-۱۵ سرعت رشد محصول (CGR)

سرعت رشد محصول تحت تأثیر گستره‌ای از عوامل، از جمله دما، میزان تابش خورشید، آب و مواد غذایی موجود، نوع و سن گیاه قرار می‌گیرد (ویلیامز و همکاران، ۱۹۶۵). بررسی تغییرات در طول دوره رشد گیاه نشان داد، که در اوایل رشد به دلیل کامل نبودن پوشش گیاهی و درصد کم جذب نور توسط گیاه، CGR پایین است و با نمو گیاه و توسعه سطح برگ و جذب بیشتر نور، افزایش سریعی در مقدار CGR حاصل می شود. در نتیجه تلقیح لوبیا با قارچ میکوریزا میزان CGR بیشتر از شاهد بود. بیشترین مقدار سرعت رشد محصول در۵۰ تا ۶۰ روز پس از کاشت در تیمار تلقیح میکوریزا بدست آمد (شکل ۴-۴۴ و جدول پیوست ۵). کاربرد میکوریزا می‌تواند رشد گیاه را از طریق جذب عناصر معدنی و آب افزایش و بهبود بخشد (ترفدار و مارشچنر، ۱۹۹۴).

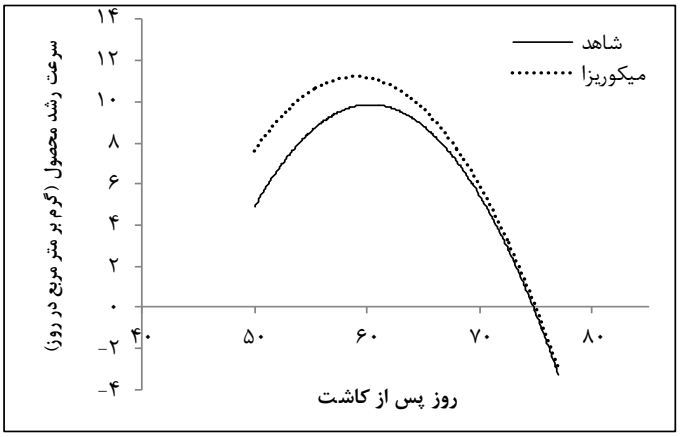
سرعت رشد محصول در پاسخ به باکتری ریزوبیوم در شکل ۴-۴۵ نشان داده است. در۵۰ تا ۶۰ روز پس از کاشت بیشترین میزان CGR در تیمار تلقیح یافته با باکتری به دست آمد (جدول پیوست ۵). اثرات تشدیدکننده رشد گیاهانی که با ریزوبیوم تلقیح شده‌اند، عمدتاً به دلیل تولید فیتوهورمون-ها، محدود شدن قارچ پاتوژن و تثبیت نیتروژن مولکولی می‌باشد (چابوت و همکاران، ۱۹۹۶).

روند تغییرات سرعت رشد محصول در پاسخ به مصرف کود نشان داد که نیتروژن موجب افزایش میزان CGR نسبت به بوته‌های عدم مصرف شد (شکل ۴-۴۶ و جدول پیوست ۵). مطالعات یوهارت و آندرید (۱۹۹۵) نیز نشان داد سرعت رشد محصول، شاخص سطح برگ و دوام سطح برگ تحت تأثیر نیتروژن قرار می‌گیرد به نحوی که با افزایش نیتروژن خاک، گسترش سطح برگ افزایش و در نتیجه نفوذ نور به درون سایه‌انداز و کارآیی مصرف نور زیاد می‌گردد که این عوامل باعث افزایش سرعت رشد محصول، شاخص سطح برگ و دوام شاخص سطح برگ می‌گردد و در نهایت منجر به افزایش عملکرد دانه می‌شود. نتایج این پژوهش نشان داد با افزایش مقادیر کود نیتروژن از ۷۵ به ۱۲۵ کیلوگرم در هکتار با افزایش LAI سرعت رشد محصول افزایش یافت (شکل ۴-۴۶). بالاترین میزان سرعت رشد محصول از سطح ۱۲۵کیلوگرم و کمترین سرعت رشد محصول از سطح صفر کیلوگرم در هکتار کود

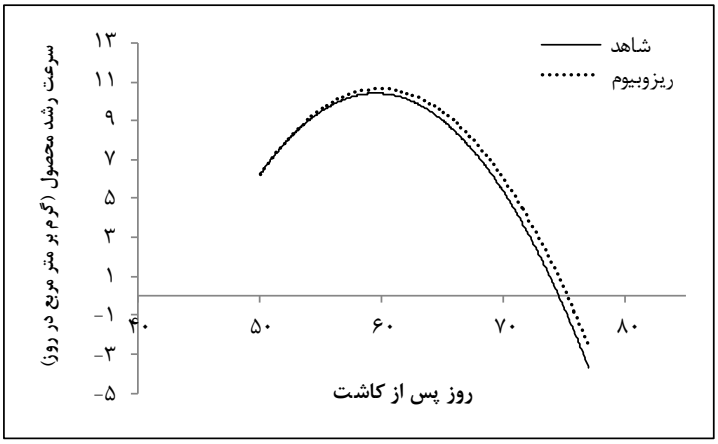
نیتروژن در ۶۰-۵۰ روز پس از کاشت به دست آمد. نتایج ساجدی و اردکانی (۱۳۸۷) بر روی ذرت نشان داد با افزایش مقدار کود نیتروژن از ۱۵۰ به ۲۲۵ و ۳۰۰ کیلو گرم سرعت رشد محصول افزایش یافت.

در این بررسی پس از رسیدن CGR به حد نهایی خود مقدار آن کاهش یافت. کاهش تقریباً سریع CGR احتمالاً می‌تواند به علت پژمردگی و زرد شدن زود هنگام بوته‌ها در اثر بیماری ریشه‌ای گیاه باشد. همچنین کاهش تیمار کودی نسبت به شاهد در اواخر دوره رشد نیز می‌تواند به علت تأثیر تشدیدکنندگی کود نیتروژن بر شدت بیماری باشد. پژوهش‌های میر (۲۰۰۲) بر روی بیماری رایزوکتونیای سیب‌زمینی نشان داد کاربرد کود نیتروژن (اوره) سبب افزایش متوسط وزن خشک مسیلیوم قارچ *Rhizoctonia solani* و افزایش درصد آلودگی استولن‌ها گردید. همچنین نتایج این محقق نشان داد کاربرد بیشتر کود نیتروژن در بوته‌های بیمار، بیوماس ریشه و بیوماس ساقه کمتری نسبت به بوته‌های عدم مصرف کود نیتروژن یا بوته‌های میزان کمتر نیتروژن، داشت.

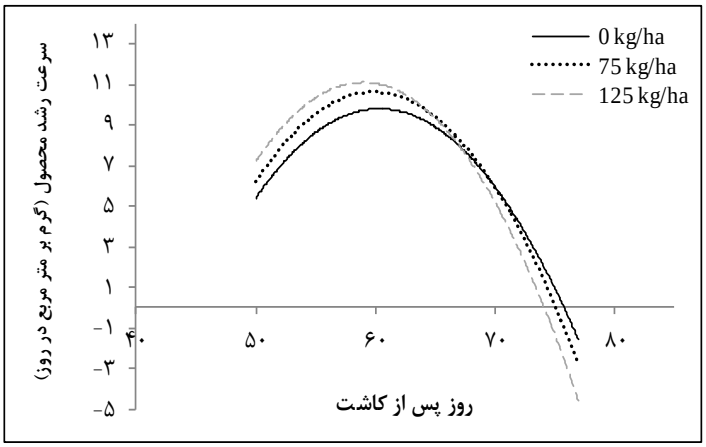
منفی شدن CGR به دلیل ریزش برگ‌های مسن، غیر فعال شدن برگ‌های قدیمی‌تر می‌باشد.



شکل ۴-۴۴- تأثیر قارچ میکوریزا بر سرعت رشد محصول



شکل ۴-۴۵- تأثیر باکتری ریزوبیوم بر سرعت رشد محصول



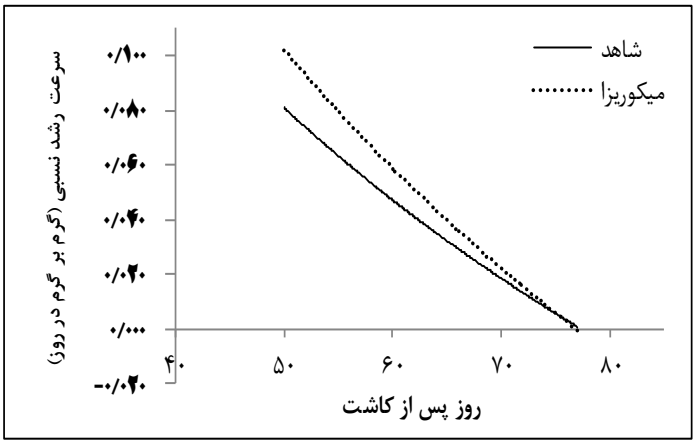
شکل ۴-۴۶- تأثیر کود نیتروژن بر سرعت رشد محصول

۴-۱۶ سرعت رشد نسبی (RGR)

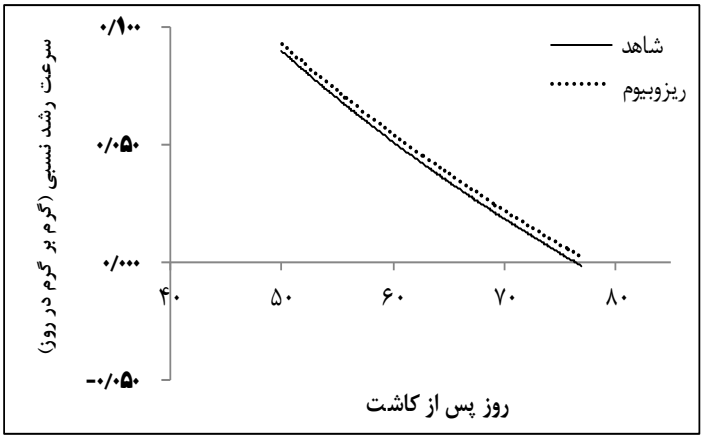
میزان سرعت رشد نسبی در اولین نمونه برداری (۴۰ تا۵۰ روز پس از کاشت)، در بالاترین حد خود قرار داشت، با گذشت زمان و رشد بیشتر گیاه مقدار سرعت رشد نسبی کاهش پیدا کرد. سرعت رشد نسبی در پاسخ به تلقیح قارچ میکوریزا افزایش بیشتری نسبت به شاهد نشان داد (شکل ۴-۴۷ و جدول پیوست ۶).

تلقیح گیاه با باکتری نیز موجب افزایش RGR نسبت به شاهد گردید (شکل ۴-۴۸ و جدول پیوست ۶). همچنین کاربرد کود نیتروژن به گیاه سرعت رشد نسبی را نسبت به عدم مصرف کود افزایش داد (شکل ۴-۴۹ و جدول پیوست ۶).

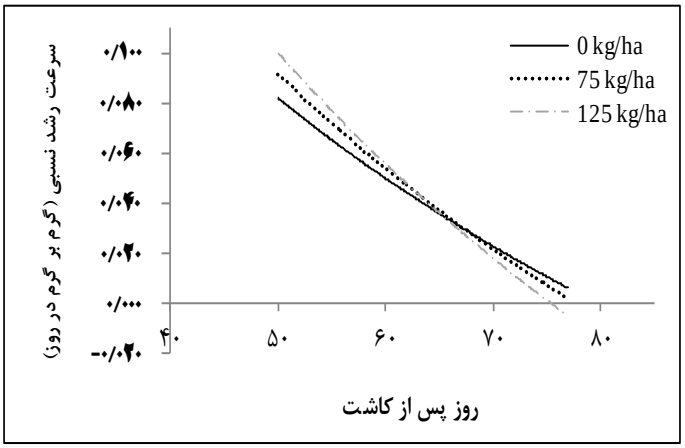
چنانچه ملاحظه می‌شود به طور کلی با گذشت زمان، سرعت رشد نسبی گیاه به طور خطی کاهش یافته است. علت کاهش RGR در طول دوره رشد این است که هر چند مقدار وزن خشک گیاه با گذشت زمان افزایش پیدا می‌کند اما سرعت رشد به دلیل افزایش نسبت بافت‌های بالغ به بافت‌های مریستمی کاهش می‌یابد. از طرفی بخشی از این کاهش می‌تواند مربوط به در سایه قرار گرفتن و یا افزایش سن برگ‌های پایین گیاه باشد که باعث کاهش فتوسنتز می‌گردد (عبداللهیان، ۱۳۷۱).



شکل ۴-۴۷- تأثیر قارچ میکوریزا بر سرعت رشد نسبی



شکل ۴-۴۸- تأثیر باکتری ریزوبیوم بر سرعت رشد نسبی



شکل ۴-۴۹- تأثیر کود نیتروژن بر سرعت رشد نسبی

نتیجه‌گیری

نتایج به دست آمده از این تحقیق به طور خلاصه شامل موارد زیر می‌باشد:

۱. کاربرد کود شیمیایی نیتروژنه موجب افزایش وزن خشک اندام هوایی، وزن صد دانه، تعداد غلاف در بوته، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک گردید، که در بیشتر موارد بین مصرف ۷۵ و ۱۲۵ کیلوگرم کود در هکتار تفاوت از لحاظ آماری نبود.

۲. کاربرد ۱۲۵ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار باعث کاهش وزن خشک گره، تعداد گره و درصد کلونیزاسیون AM در ریشه گردید.

۳. تلقیح گیاه با قارچ میکوریزا موجب افزایش صفات وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک غلاف، وزن صد دانه، تعداد دانه در غلاف، فسفر بذر و کلونیزاسیون ریشه شد.

۴. باکتری ریزوبیوم لگومینوزاروم باعث افزایش تعداد گره، وزن صد دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک گردید.

۵. تلقیح توأم باکتری ریزوبیوم و قارچ میکوریزا موجب افزایش وزن گره و غلاف، تعداد غلاف در بوته و وزن صد دانه نسبت به عدم تلقیح دو میکروارگانیسم شد. که در آن‌ها به جز وزن صد دانه تیمار تلقیح میکوریزا به تنهایی اثر بیشتری نسبت به سایر تیمارها اعمال کرد.

۶. تلقیح توأم کودهای زیستی (باکتری ریزوبیوم یا قارچ میکوریزا) همراه با مصرف کود شیمیایی نیتروژن در سطح بالا (۱۲۵ کیلوگرم در هکتار) سبب کاهش در وزن خشک گره، تعداد گره و کلونیزاسیون AM در ریشه گردید. اما در سطح پایین (۷۵ کیلوگرم در هکتار) باعث افزایش در وزن خشک و تعداد گره گردید.

۷. استفاده از کود نیتروژن، قارچ میکوریزا و باکتری ریزوبیوم شاخص‌های رشد را نسبت به شاهد افزایش داد. در این بین کود نیتروژن و قارچ میکوریزا تأثیر بیشتری بر شاخص‌های رشد داشتند.

پیشنهادها

۱. آزمایش حداقل یکسال دیگر و در مکان دیگر اجرا گردد.

۲. استفاده از سویه‌های مختلف باکتری تثبیت کننده نیتروژن بر لوبیا قرمز به منظور انتخاب مفیدترین سویه برای یک منطقه

۳. مطالعات گسترده‌تر در مورد تأثیر کودهای شیمیایی نیتروژنه بر گونه‌های مختلف قارچ‌های میکوریزا آربوسکولار

۴. بررسی اثرات متقابل سویه‌های مختلف باکتری ریزوبیوم و قارچ‌های میکوریزا برای شناسایی بهترین ترکیب

۵. عکس‌العمل باکتری‌های تثبیت کننده بیشتری نسبت به سطوح مختلفی از مقادیر کود شیمیایی نیتروژن بر گیاه لوبیا

پیوست‌ها

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

درصد اشباع (S.p)	۳۰/۶
هدایت الکتریکی ($Ec\times 10^3$)	۸/۰۹
اسیدیته گل اشباع (pH of pasta)	۷/۸۹
درصد مواد خنثی شونده (.T.N.V %)	۲۷
کربن آلی (O.C %)	۰/۷۹
ازت کل (Total N%)	۰/۰۵۷
فسفر قابل جذب (P(ava) P.P.M)	۱۴
پتاسیم قابل جذب (K(ava) P.P.M)	۱۴۳
رس (% Clay)	۲۲
لای (%Silt)	۴۴
شن (% Sand)	۳۲
درصد رطوبت	۱/۵
نسبت جذب سدیم (SAR)	۴/۱

جدول پیوست ۲- میانگین مربعات صفات مورد مطالعه تحت تأثیر میکوریزا، باکتری ریزوبیوم و کود نیتروژن

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک اندام هوایی	وزن خشک گره	تعداد گره	کلونیزاسیون ریشه	فسفر بذر	فسفر خاک
بلوک	۲	۴۷/۶۷	۰/۰۰۰۰۰۲	۲/۵۹	۱۵/۴۳	۱۳۴۶۱۰/۱	۱۹/۲۵۷
قارچ میکوریزا	۱	۳۲۲۳/۴۰**	۰/۰۰۰۰۸**	۱۹/۶۸	۲۳۳/۱۷**	۲۲۳۶۵۱۰/۲*	۰/۵۰۴
باکتری ریزوبیوم	۱	۳۹/۰۰	۰/۰۰۰۰۰۴	۷۲۵/۵۸**	۱۴/۸۷	۸۵۳۳۳۸/۶	۰/۴۶۲
کود نیتروژن	۲	۸۸۳/۷۸**	۰/۰۰۰۱۱**	۱۱۷/۳۳**	۴۵۹۱/۰۲**	۱۲۹۲۱۱۸/۸	۷/۲۲۷
میکوریزا×ریزوبیوم	۱	۸۷/۴۵	۰/۰۰۰۰۶**	۲۱/۹۶	۳/۸۸	۸۶۵۵۳۲/۵	۴/۹۸۷
میکوریزا×کود نیتروژن	۲	۲۰۹/۲۸*	۰/۰۰۰۰۲۸**	۱۴۰/۳۲**	۸۵۰/۰۸**	۲۲۱۰۳۱/۱	۱۷/۴۰۸
ریزوبیوم×کود نیتروژن	۲	۷۳۴/۸۴**	۰/۰۰۰۰۲۰**	۲۴/۹۸*	۶۰/۳۸	۱۴۲۴۰/۸	۹/۳۶۸
میکوریزا×ریزوبیوم ×کود نیتروژن	۲	۴۱/۵۰	۰/۰۰۰۰۶**	۱۷۶/۵۸**	۸۷/۶۹*	۲۱۰۳۸/۹	۱۸/۹۶۵
خطا	۲۲	۵۳/۸۹	۰/۰۰۰۰۰۲	۵/۸۵۰	۲۲/۸۳۶	۴۰۳۵۵۲/۸۲	۵/۶۳۶
ضریب تغییرات (درصد)		۱۵/۴۴	۲۶/۳۳	۳۴/۲۹	۱۰/۶۶	۲۰/۱۵	۲۲/۴۲

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ درصد و ۱ درصد

جدول پیوست ۳- میانگین مربعات عملکرد و اجزای آن تحت تأثیر میکوریزا، باکتری ریزوبیوم و کود نیتروژن

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک غلاف	تعدا غلاف	تعداد دانه	وزن صد دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت
بلوک	۲	۴/۵۶۹	۱۰/۹۷	۰/۹۰۱	۷/۴۰۹	۱۷۹۲/۲۶	۵۳۳۵/۰	۱/۷۴۷
قارچ میکوریزا	۱	۷۵/۴۵۸*	۴/۶۹	۳/۳۸۵*	۱۵/۶۴۲*	۹۵۶۳۶/۵۹**	۴۱۲۸۲۱/۲**	۱۳/۷۶۴
باکتری ریزوبیوم	۱	۱۴/۲۶۳	۹/۰۰	۰/۰۲۵	۱۸/۸۲۱*	۵۳۰۴۰/۳۹*	۳۱۲۸۷۴/۲**	۱۲/۷۶۸
کود نیتروژن	۲	۳۰/۶۲۵	۲۸/۵۶**	۱/۰۲۷	۲۶/۳۹۲**	۷۳۴۴۶/۱۱**	۲۳۹۴۸۷/۳**	۰/۹۲۰
میکوریزا×ریزوبیوم	۱	۱۴۱/۷۶۸**	۵۰/۱۷**	۲/۶۱۳	۱۷/۳۱۹*	۲۰۰۳۶/۲۹	۲۱۹۴۶۲/۵**	۳۶/۸۰۴
میکوریزا×کود نیتروژن	۲	۷۱/۰۹۷*	۳۷/۱۳**	۴/۶۸۶**	۲۳/۰۲۱**	۳۹۳۶۰/۶۸*	۵۵۳۴۰/۸	۳۴/۹۸۸*
ریزوبیوم×کود نیتروژن	۲	۱/۱۲۵	۹/۰۲	۰/۹۹۳	۹/۰۱۵	۲۴۷۰۰/۵۴	۱۰۶۴۰۷/۷**	۱۵/۴۶۱
میکوریزا×ریزوبیوم ×کود نیتروژن	۲	۱۸/۵۲۳	۳۰/۱۱**	۳/۴۶۲*	۱/۰۰۶	۲۶۱۳۷/۲۴	۴۷۲۲۸/۹	۹/۰۷۵
خطا	۲۲	۱۶/۳۲۶	۴/۶۲۳	۰/۶۳۲	۲/۹۹۴	۱۰۲۲۳/۲۰	۲۰۷۷۴/۴	۸/۹۱۱
ضریب تغییرات (درصد)		۱۴/۴۶	۸/۲۵	۱۶/۶۸	۸/۲۲	۱۱/۸۷	۸/۳۸	۵/۹۸

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ درصد و ۱ درصد

جدول پیوست ۴- تأثیر تیمارهای مختلف آزمایش بر روند تغییرات شاخص سطح برگ لوبیاقرمز (LAI) در طول دوره رشد

تیمارهای آزمایش		۴۰	۵۰	۶۰	۷۰	۷۷ روز پس از کاشت
قارچ میکوریزا	شاهد	۰/۶۰	۰/۹۲	۱/۲۶	۰/۸۶	۰/۸۳
	میکوریزا	۰/۶۴	۱/۰۵	۱/۵۶	۱/۰۲	۰/۹۱
باکتری ریزوبیوم	شاهد	۰/۵۸	۰/۹۳	۱/۳۴	۰/۹۳	۰/۸۱
	ریزوبیوم	۰/۶۵	۱/۰۴	۱/۴۸	۰/۹۵	۰/۹۳
کود نیتروژن	۰ (kg/ha)	۰/۶۵	۰/۸۹	۱/۲۲	۰/۸۰	۰/۷۵
	۷۵ (kg/ha)	۰/۶۳	۰/۹۶	۱/۵۰	۰/۹۶	۰/۹۹
	۱۲۵ (kg/ha)	۰/۶۷	۱/۱۱	۱/۵۰	۱/۰۶	۰/۸۷

جدول پیوست ۵- تأثیر تیمارهای مختلف آزمایش بر روند تغییرات سرعت رشد محصول لوبیاقرمز (CGR) در طول دوره رشد (گرم بر مترمربع در روز)

تیمارهای آزمایش		۴۰-۵۰	۵۰-۶۰	۶۰-۷۰	۷۰-۷۷ روز پس از کاشت
قارچ میکوریزا	شاهد	۴/۶۶	۱۰/۶۲	۴/۵۰	-۲/۹۰
	میکوریزا	۷/۳۸	۱۲/۰۰	۴/۹۱	-۲/۶۰
باکتری ریزوبیوم	شاهد	۶/۰۲	۱۱/۱۶	۴/۳۹	-۳/۳۱
	ریزوبیوم	۶/۰۲	۱۱/۴۵	۵/۰۲	-۲/۱۸
کود نیتروژن	۰ (kg/ha)	۵/۳۱	۱۰/۰۸	۵/۶۲	-۱/۴۵
	۷۵ (kg/ha)	۶/۰۰	۱۱/۳۱	۵/۰۸	-۲/۴۱
	۱۲۵ (kg/ha)	۶/۷۴	۱۲/۵۳	۳/۴۱	-۳/۸۲

جدول پیوست ۶- تأثیر تیمارهای مختلف آزمایش بر روند تغییرات سرعت رشد نسبی لوبیاقرمز (RGR) در طول دوره رشد (گرم در روز)

		۴۰-۵۰	۵۰-۶۰	۶۰-۷۰	۷۰-۷۷ روز پس از کاشت
قارچ میکوریزا	شاهد	۰/۰۷۰	۰/۰۶۴	۰/۰۲۶	-۰/۰۱۲
	میکوریزا	۰/۰۸۶	۰/۰۸۸	۰/۰۲۰	-۰/۰۱۱
باکتری ریزوبیوم	شاهد	۰/۰۷۶	۰/۰۷۴	۰/۰۲۲	-۰/۰۱۴
	ریزوبیوم	۰/۰۸۰	۰/۰۷۸	۰/۰۲۴	-۰/۰۰۹
کود نیتروژن	۰ (kg/ha)	۰/۰۷۲	۰/۰۶۳	۰/۰۳۲	-۰/۰۰۷
	۷۵ (kg/ha)	۰/۰۷۸	۰/۰۷۸	۰/۰۲۲	-۰/۰۰۹
	۱۲۵ (kg/ha)	۰/۰۸۳	۰/۰۸۶	۰/۰۱۵	-۰/۰۱۵

شکل پیوست ۱– نقشه کاشت آزمایش

تیمارها شامل قارچ میکوریزا آربوسکولار، باکتری ریزوبیوم لگومینوزاروم و کود نیتروژن M_1 وM_2 به ترتیب عدم تلقیح و تلقیح با قارچ میکوریزا، B_1 و B_2 عدم تلقیح و تلقیح با باکتری ریزوبیوم، N_1، N_2 و N_3 عدم مصرف کود، مصرف ۷۵ و ۱۲۵ کیلوگرم کود در هکتار می‌باشند.

$M_1B_1N_1$	$M_1B_2N_3$	$M_1B_2N_2$	$M_2B_2N_1$	$M_1B_1N_2$	$M_2B_1N_2$	$M_1B_2N_1$	$M_2B_2N_2$	$M_1B_1N_3$	$M_2B_1N_3$	$M_2B_1N_1$	$M_2B_2N_3$
$M_1B_2N_2$	$M_2B_1N_2$	$M_2B_2N_1$	$M_1B_2N_3$	$M_1B_1N_1$	$M_2B_2N_2$	$M_2B_2N_3$	$M_1B_1N_2$	$M_2B_1N_3$	$M_1B_2N_1$	$M_1B_1N_3$	$M_2B_1N_1$
$M_1B_2N_1$	$M_1B_1N_2$	$M_1B_2N_2$	$M_2B_2N_3$	$M_2B_1N_2$	$M_1B_2N_3$	$M_2B_1N_1$	$M_1B_1N_3$	$M_1B_1N_1$	$M_2B_2N_2$	$M_2B_2N_1$	$M_2B_1N_3$

منابع

اسدی‌رحمانی، ه. (۱۳۸۰) "شناسایی و انتخاب سویه‌های متحمل به حرارت *Bradyrhizobium japonicum* همزیست سویا و تولید مایه تلقیح مناسب برای مناطق گرم ایران" پایان‌نامه دکتری. دانشگاه تربیت مدرس.

اسدی‌رحمانی، ه. (۱۳۷۸) "بررسی امکان پیش‌بینی ضرورت تلقیح سویا بر اساس تعیین تعداد باکتری برادی‌ریزوبیوم چاپونیکوم و سنجش پتانسیل معدنی‌شدن نیتروژن در خاک‌های زیر کشت سویا" **ششمین کنگره علوم خاک ایران**. دانشگاه مشهد.

اسدی‌رحمانی، ه.، اصغرزاده، ا.، خاوازی، ک.، رجالی، ف و ثواقبی، غ.ر. (۱۳۸۶) "**حاصلخیزی بیولوژیک خاک: کلیدی برای استفاده پایدار از اراضی کشاورزی**" (ترجمه). چاپ اول. انتشارات جهاد دانشگاهی تهران. ۳۲۸ ص.

امام، ی. و نیک‌نژاد، م. (۱۳۷۲) "**مقدمه ای بر فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی**" (ترجمه). انتشارات دانشگاه شیراز. ۵۷۰ ص.

باقری، ع.، محمودی، ع.ا. و قزلی، ف. (۱۳۸۰) "**زراعت و اصلاح لوبیا**" (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۵۵۶ ص.

برین، م.، علی‌اصغرزاده، ن. و صمدی، ع. (۱۳۸۴) "اثر تلقیح با قارچ‌های میکوریزا در خزانه بر خصوصیات رشدی و تغذیه‌ای گوجه‌فرنگی" **مجموعه مقالات نهمین کنگره علوم خاک ایران**. جلد ۲. صفحات ۵۵ تا ۵۷.

پارسا، م. و باقری، ع.ر. (۱۳۸۷) "**حبوبات**" چاپ اول. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۵۲۴ ص.

پیرولی‌بیرانوند، ن. (۱۳۷۸) "بررسی اثرات متقابل رقم گیاه و سویه باکتری روی توان تثبیت نیتروژن سویا در خاکهای مختلف" پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد خاکشناسی. دانشکده کشاورزی کرج. دانشگاه تهران.

توسلی، ع. و علی‌اصغرزاده، ن. (۱۳۸۸) "اثر قارچ‌های میکوریزا آربوسکولار بر جذب عناصر غذایی و عملکرد پیاز در یک خاک شور در شرایط مزرعه‌ای" **مجله دانش آب و خاک**. جلد ۱۹. شماره ا.

جامی‌الاحمدی، م.، کامکار، ب. و مهدوی دامغانی، ع.ا. (۱۳۸۵) "**کشاورزی، کود و محیط زیست**" (ترجمه). چاپ اول. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۳۷۲ ص.

خودشناس، م.ع.، وادیور، م.، اسدی‌رحمانی، ه. و افشاری، م. (۱۳۸۵) "ارزیابی استفاده از مایه تلقیح ریزوبیوم در مقایسه با مصرف کود نیتروژن در زراعت لوبیا در استان مرکزی" **مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی**. سال سیزدهم. شماره دوم.

راعی، ی.، صدقی، م. و سیدشریفی، ر. (۱۳۸۷) "آثار تلقیح برادی‌ریزوبیوم، کاربرد اوره و وجین علف‌هرز بر روند رشد و سرعت پر شدن دانه در سویا" **مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی**. شماره۴۳ (الف). صفحات ۸۱ تا ۹۱.

رجالی، ف.، اسماعیلی‌زاد، ا.، خاوازی، ک.، همتی، و. و افشاری، م. (۱۳۹۰) "بررسی تأثیر گونه‌های مختلف قارچ میکوریزا آربوسکولار در جذب عناصر معدنی پرمصرف و کم‌مصرف گندم" **دوازدهمین کنگره علوم خاک ایران**. تبریز. ۱۲ تا ۱۴ شهریور.

ساجدی، ن.ع. و اردکانی، م.ر. (۱۳۸۷) "اثر مقادیر مختلف کود نیتروژن، روی و آهن بر شاخص‌های فیزیولوژیک ذرت علوفه‌ای در استان مرکزی" **مجله پژوهش‌های زراعی ایران**. جلد ۶. شماره ۱. صفحات ۹۹ تا ۱۱۰.

سلیمانی، ر. و اصغرزاده، ا. (۱۳۸۹) "تأثیر تلقیح مزوریزوبیوم و مصرف کود بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود دیم" **نشریه پژوهش‌های حبوبات ایران**. جلد اول. شماره ۱. صفحات ا تا ۸.

شهسواری، ن. و صفاری، م. (۱۳۸۴) "اثر مقدار نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم گندم در کرمان" **مجله پژوهش و سازندگی و زراعت و باغبانی**. شماره ۶۶. صفحات ۸۲ تا ۸۷.

صالح‌راستین، ن. (۱۳۸۰) "کودهای بیولوژیک و نقش آن‌ها در راستای نیل به کشاورزی پایدار" **مجموعه مقالات ضرورت تولید کودهای بیولوژیک در کشور**. صفحات ۱ تا ۵۴.

صالح‌راستین، ن. (۱۳۷۵). **"بیولوژی خاک"** انتشارات دانشگاه تهران.

عبداللهیان، م. (۱۳۷۱) "بررسی تغییرات پارامترهای کمی و کیفی رشد چغندرقند در تاریخ‌های مختلف کاشت" پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس.

غلامی، ا. و کوچکی، ع.ر. (۱۳۸۰) **"میکوریزا در کشاورزی پایدار"** (ترجمه). انتشارات دانشگاه صنعتی شاهرود. ۲۱۲ ص.

قاسمی‌پیربلوطی، ع.ا.، دادی، ا.ا.، اکبری، غ.ع. و گل‌پرور، ا.ر. (۱۳۸۳) "تأثیر تلقیح ارقام لوبیا با باکتری ریزوبیوم لگومینوزاروم بیوار فازئولی (*R. leguminosarum biovar phaseoli*) بر عملکرد دانه و تثبیت نیتروژن در منطقه شهرکرد" **پژوهش‌های زراعی ایران**. ۲ (۱). صفحات ۵۵ تا ۶۵.

قربانی، ه. (۱۳۸۶) "مروری بر کودهای بیولوژیک در ایران و نقش آن‌ها در حفظ محیط‌زیست و سلامت جامعه" **خلاصه مقالات دومین همایش ملی کشاورزی بوم‌شناختی ایران**. گرگان. ۱۶ تا ۲۲ مهر.

قربانی‌نصرآبادی، ر.، صالح‌راستین، ن. و علیخانی، ح.ع. (۱۳۸۱) "بررسی تأثیر مصرف گوگرد همراه با مایه تلقیح تیوباسیلوس و برادی‌ریزوبیوم بر تثبیت نیتروژن و شاخص‌های رشد سویا" **مجله علوم خاک و آب**. جلد ۱۶. شماره ۲. صفحات ۱۶۹ تا ۱۷۸.

کاظمی، ز. (۱۳۸۹) "بررسی تلقیح همزمان باکتری ریزوبیوم و حل کننده فسفات در شرایط کم آبی بر لوبیا". پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود.

مجنون‌حسینی، ن. (۱۳۸۷) **"زراعت و تولید حبوبات"** چاپ چهارم. انتشارات جهاد دانشگاهی تهران. ۲۷۳ ص.

مجنون‌حسینی، ن. (۱۳۷۵). **"حبوبات در ایران"**. مؤسسه نشر جهاد تهران.

محمودی، ح. (۱۳۸۴) "اثرات کاربرد کودهای نیتروژن، فسفر و تلقیح ریزوبیوم در رشد نخود دیم" **اولین همایش ملی حبوبات**. مشهد. ۲۹ تا ۳۰ آبان.

ملکوتی، م.ج. (۱۳۸۴) **"کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه‌سازی مصرف کود در ایران"** نشر سنا. ۴۹۶ ص.

نادیان، ح. (۱۳۸۴) "بررسی برهم‌کنش باکتری *Rhizobium trifoli* و قارچ آربوسکولار میکوریزا *Glomus intraradices* بر رشد و جذب فسفر و ازت توسط شبدر برسیم" **نهمین کنگره علوم خاک ایران**. ص ۳۲.

ناظری، پ.، کاشانی، ع.، خاوازی، ک.، اردکانی، م.ر.، میرآخوری، م. و پورسیاه‌بیدی، م.م. (۱۳۸۹) "واکنش لوبیا سفید (*Phaseolus vulgaris* L.) به تلقیح با ریزوبیوم و کاربرد نواری کودزیستی فسفر گرانوله حاوی روی" **نشریه بوم‌شناسی کشاورزی**. جلد ۲. شماره ۱. صفحات ۱۷۵ تا ۱۸۵.

یادگاری، م و برزگر، ر. (۱۳۸۶) **"زراعت ارگانیک لوبیا"** چاپ اول. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی شهرکرد. ۱۶۸ ص.

Albayrak, S., C.S. Sevmay, and O.Tongel. (**2006**). "Effects of Inoculation with *Rhizobium* on Seed Yield and Yield Components of Common Vetch (*Vicia sativa* L.)". **J. Agric**. 30:31-37.

Alexander, I.J., and R.I. Fairley. (**1983**). "Effects of nitrogen on population offine roots and mycorrhizas in sprucehumus". **Plant Soil**. 71:49-53.

Alexander, M. (**1978**). "**Introduction to soil microbiology**". John Wiley and Sons. New York and London.

Arancon, N., C.A. Edwards, P. Bierman, C. Welch, and J.D. Metzger. (**2004**). "Influences of vermicomposts on field strawberries:1. Effects on growth and yields". **Bio resource Technol**. 93:145-153.

Arumugam, R., S. Rajasekaran, S.M. Nagarajan. (**2010**). "Response of Arbuscular mycorrhizal fungi and *Rhizobium* inoculation on growth and chlorophyll content of *Vigna unguiculata* (L.) Walp Var. Pusa 151". **J. Appl. Sci. Environ. Manage**. 14(4): 113 – 115.

Asai, T. (**1944**). "Die bedeutung der mikorrhiza für das pflanzenleben". **Japanese J. Bot**. 12: 359-408.

Astrom, B., A. Gustafsson, and B. Gerhardson. (**1993**). "Characteristics of a plant deleterious rhizosphere *pseudomonas* and its inhibitory metabolite (s)". **J. Appl. Bacteriol**. 74:20-28.

Bagyaraj, D.J., A. Manjunath, and R.B. Patil. (**1979**). "Interaction between a vesicular arbuscular mycorrhizas and *Rhizobium* and their effect on soybean in the field". **New Phytol.,** 82: 141.

Barea, J., D. Werner, C. Azcón-Guilar and R. Azcón. (**2005**). "Interactions of Arbuscular Mycorrhiza and nitrogen-fixing symbiosis in sustainable agriculture". D. Werner and W.E. Newton (eds.), nitrogen fixation in agriculture, forestry, ecology, and the environment, 4: 199-222.

Barea, J.M., R. Azcń, and C. Azcń-Aguilar. (**1992**). "Vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in nitrogen-fixing systems". In J.R. Norris, D. Read and A. Varma (Eds.). Methods in Microbiology. **Techniques for the Study of Mycorrhizae**. London, UK: Academic Press. 24: 391-416.

Bavec, F. and M. Bavec. (**2002**). "Effects of plant population on leaf area index, cob characteristics and grain yield of early maturing maize cultivars (FAO 100-400)". **Eur. J. Agron**. 16:151-159.

Bethlenfalvay, G.J., M.S. Brown, and A.E. Stafford. (**1985**). "Glycin- *Glomus*- *Rhizobium* symbiosis : 11. Antagonistic effects between mycorrhizal colonization and nodulation". **Plant Physiol**. 79:1054-158.

Bhat, M.I., S.A. Bangroo, A. Tahir, S.R.S. Yadav, and M.A. Aziz. (**2011**). "Combined Effects of *Rhizobium* and Vesicular Arbuscular fungi on green gram (*Vigna radiata* L. Wilczek) under temperate conditions". **J. Agr. Sci**. 2(1): 17-20.

Bianciotto, V., S. Andreotti, R. Balestrini, P. Bonfante, and S. Perotto. (**2001**). "Extracellular polysaccharides are involved in the attachment of *Azospirillum brasilense* and *Rhizobium leguminosarum* to arbuscular mycorrhizal structures". **Eur. J. Histochem**.45: 39-49.

Brundrett, M.C. and L.K. Abbott. (**2002**). "**Arbuscular mycorrhizas in plant communities**". In: Microorganisms in Plant Conservation and Biodiversity. Sivasithamparam, K., Dixon, K.W., and Barrett, R.L. (Eds.). Kluwer Academic Press. pp:151-193.

Cardoso, I.M., and T.W. Kuyper. (**2006**). "Mycorrhizas and tropical soil fertility". **Agr. Ecosyst. Environ**. 116:72-84.

Carletti, S. (**2002**). "Use of plant growth- promoting rhizobacteria in plant micro propagation". www. ag. auburn. edu/ argentina/ pdfmanuscripts/ Carletti. Pdf.

Carling, D.E., and M.E. Brown. (**1982**). "Anatomy and physiology of vesicular- arbuscular and non- mycorrhizal roots". **Phytopathology**. 72:1108-1114.

Chabot, R., A. Hani, and P.M. Cescas. (**1996**). "Growth promotion of maize and lettuce by phosphate-solubilizing *Rhizobium leguminosarum bivar Phaseoli*". **Plant.Soil**. 184:31121.

Chandrasekar, B.R., G. Ambrose, and N. Jayabalan. (**2005**). "Influence of biofertilizers and nitrogen source level on growth and yield of Echinochloa frumentancea (Roxb) Link". **J. Agric. Tech**. 1(2):223-234.

Cordovilla, M.D., F. Ligero, and C. Liuch. (**1999**). "Effects of NaCl on growth and nitrogen fixation and assimilation of inoculated and KNO_3 fertilized faba and *Pisum sativum* L." plants. **Plant Sci**. 140:127-136.

Eaglisham, A.R.J., S. Hassouna, and R. Seegers. (**1983**). "Fertilizer-N effects on N_2 fixation by cowpea and soybean". **J. Agro**. 75:61-66.

Edwards, C.A., and J.E. Bater. (**1992**). "The use of earthworms in environment management". **Soil Biol. Biochem**. 24:1683-1689.

Elias, N., A. Mcinnes, and D. Herridge. (**2008**). "**Optimizing chickpea nodulation for nitrogen fixation and yield in north-western New South Wales, Australia**". In: F.D. Dakora

(Ed.). Biological nitrogen fixation: Towards poverty alleviation through sustainable agriculture. Springer Science. Netherlands. p: 143.

Erman, M., S. Demir, E. Ocak, S. Tüfenkçi, F. Oğuz, and A. Akköprü. (**2011**). "Effects of Rhizobium, arbuscular mycorrhiza and whey applications on some properties in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under irrigated and rainfed conditions 1—Yield, yield components, nodulation and AMF colonization". **Earth Sci**. 122: 14-24.

FAO. (**2004**). Agricultural production year book. Rome, Italy.

Fay, P., D.T. Mitchell, and B.A. Osborne. (**1996**). "Photosynthesisand nutrient- use officiency of barely in response to low arbuscular mycorrhizal colonization and addition of phosphorus". **New Phytol**. 132:425-433.

Fyson, A. and J.I. Sprent. (**1982**). "The development of primary root nodules on *Vicia faba* L growth and two temperatures". **Ann. Bot. London**. 50:681-692.

Gan, Y.B., I. Stulen, H.V. Keulen and P.J.C. Kuiper. (**2002**). "Physiological changes in soybean in response to N and P nutrition". **Ann. Appl. Bio**. 140:319-329.

Gilick, B., R. Penrose, and M. Wenbo. (**2002**). "Bacterial promotion of plant growth". **Biotechnol. Adv**. 19:135-138.

Giorgio, D.D., D. Sisto, D. Ubaldo, and A.V. Vonella. (**2004**). "The effects of N-Fertilization levels and root mycorrhizal colonization on plant-growth and grain yield in durum wheat". 13thInternational Soil Conservation Organisation Conference-Brisbane, July.

Giovannetti M. and B. Mosse. (**1980**) " An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots" **New Phytol**. 84. pp 489.

Graham, P.H., and P. Ranalli. (**1997**). "Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.)". **Field. Crop. Res**. 53:131-146.

Graham, J.H., R.T. Leonard, and J.A. Menge. (**1981**). "Membrance- mediated decreasse in root exudation responsible for phosphorus inhibition of vesicular-arbuscular mycorrhizae formation". **Plant Physiol**. 548-552.

Gryndler, M., J. Larsen, H. Hrselova, V. Rezacova, H. Gryndlerova and J. Kubat. (**2006**). "Organic and mineral fertilization, respectively, increase and decrease the development of external mycelium of arbuscular mycorrhizal fungi in a long-term field experiment". **Mycorrhiza**. 16:159- 166.

Hani Anton, Chantal J. Beauchamp, Nadia Goussard, Rock Chabot and Roger Lalande. (**1998**). "Potential of *Rhizobium* and *Bradyrhizobium* species as plant growth promoting rhizobacteria on non-legumes: Effect on radishes (*Raphanus sativa* L.)". **Plant Soil**. 204:57-67.

Harsh, P.B., Tiffany L. Weir, Laura G. Perry, Simon Gilroy, and Jorge M. Viranco. (**2006**). "The role of root exudates in rhizosphere interactions with plants and other organisms". **Plant. Biol.** 53:233-266.

Hayman, D.S. (**1983**). "The physiology of vesicular arbuscular endomycorrhizal symbiosis". Canadian**. J. Botany**. 61: 944-963.

Hayman, D.S. (**1975**). "**The occurrence of mycorrhiza in crops as affected by soil fertility, In :Endomycorrhizas**". F.E Sanders, B Mosse and P.B. Tinkey (eds). Academic Press. London. pp. 495-509.

Hepper, C.M. (**1983**). "The effect of nitrate and phosphate on the Vesicular-arbuscular mycorrhizal infection of lettuce"**. New phytol**. 93:389-399.

Ilbas, A.I., and S. Sahin. (**2005**). "*Glomus fasciculatum* inoculation improves soybean production". **Acta Agriculture Scandinavica**. 55(4):287-292.

Imsand, J. (**1992**). "Agronomic characteristics that identify high yield and high protein soybean genotypes". **Agron. J**. 84:12-15.

John Manji ,M., A.S. Chris, and M.G. Nkanata. (**2001**). "Nitrogen fixation by common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in pure and mixed stands in semiarid south-east Kenya". **Eur J Agron.** 14:1-12.

Kapoor, R., B. Giri, and K.G., Mukerji. (**2004**). "Improved growth and essential oil yield and quality in *Foeniculum vulgar* Mill on mycorrhizal inoculation supplemented with P fertilizer". **Bioresource Technol**. 93:307-311.

Kapulink, Y., and D.D.J. Douds. (**2002**). "**Arbuscular Mycorrhizas: Physiology and Function**". Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publsihers. 372pp.

Kathleen, K.T., and A. Cross. (**2006**). "Global distributions of arbuscular mycorrhizal fungi". **Ecosystems**. 9: 305- 316.

Kim, N.I., and G.M. Paulsen. (**1986**). "Response of yield attributes of isogenic tall, semi dwarf, and double dwarf winter wheats to nitrogen fertilizer and seeding rates". **Crop Sci**. 156(3):197-205.

Kumar, R., V.P. Singh, and R.C. Singh. (**2002**). "Effect of N and P fertilization on summer planted mung bean (*Vigna radiate* L.)". 24(3): 467-470.

Leung, K., and P.Y. Bottomley. (**1987**). "Influence of phosphate on the growth and nodulation characteristic of *Rhizobium trifolii*". **Appl. Environ. Microbiol**. 53:2098-2105.

Lynd, J.G., and T.R. Anson, (**1990**). "Soil conditions with distinctive coralloid nodulation and nitrogen fixation of Mecca alfalfa". **J. Plant Nutr**. 13:77-94.

Marschner, H. (1995). "**Mineral nutrition of higher plants**". Academic Press. San Diego, CA. USA.

Mckenzie, R.H., A.B. Middleton, K.W. Seward, R. Gaudiel, C. Wildschut, and E. Bremer. (**2001**). "Fertilizer responses of dry bean in southern Alberta". **Can. J. Plant Sci**. 81:343-350.

Meyer, K.M. (**2002**). Phd. thesis. "Impact of Nitrogen management strategies on yield, N-use effIiciency, and Rhizoctonia diseases of irish potato".

Meyer, J.R. and R.G. Linderman. (**1986**). "Selective influence on populations of rhizosphere or rhizoplane bacteria and actinomycetes by mycorrhizas formed by *Glomus fasciculatum*". **Soil Biol**. 18:191-196.

Mishra, R.R. (**2007**). "**Soil microbiology**". Translated by: A. Fallah, H. Besharati, and H. Khosravi, Aeeizh publisher. pp: 179. (in Persian).

Mortimer, P.E., M.A. Pé rez-Ferná ndez and A.J. Valentine. (**2009**). "Arbuscular mycorrhizae affect the N and C economy of nodulated *Phaseolus vulgaris* (L.) during NH_4^+ nutrition". **Soil. Biol. Biochem**. 41: 2115-2121.

Mortimer, P.E., M.A. Pé rez-Ferná ndez, and A.J. Valentine. (**2008**). "The role of arbuscular mycorrhizal colonization in the carbon and nitrogen economy of the tripartite symbiosis with nodulated *Phaseolus vulgaris*". **Soil Biol Biochem**. 40:1019–27.

Mosse, B. (**1986**). "Mycorrhiza in a sustainable agriculture". **Biol. Agric**. 3:191-209.

Ngwene, B., E. George, W. Claussen, and E. Neumann. (**2010**). "Phosphorus uptake by cowpea plants from sparingly available or soluble sources as affected by nitrogen form and arbuscular-mycorrhiza-fungal inoculation". **J. Plant Nutr. Soil Sci**. 173: 353–359.

Olsen, S.R., C.V. Cole, F.S. Watanabe, and L.A. Dean. (**1954**). "Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate". United States Department of Agriculture Circular. 939:1-19.

Ortus, I., and P.J. Harris. (**1996**). "Enhancement uptake of phosphorus by mycorrhizal sorghum plant as influenced by forms of nitrogen". **Plant Soil**. 184:225-264.

Pereira, P.A.A., B.D. Miranda, J.R. Attewell, K.A.K. Miecik, and F.A. Bliss. (**1993**). "Selection for increased nodule number in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.)". **Plant Soil**. 148:203-209.

Phillips, D.A., F.D. Dakora, E. Sande, C.M. Joseph, and J. Zon. (**1994**). "Synthesis, release, and transmission of alfalfa signal to rhizibial symbiots" **Plant Soil**. 161:69-80.

Phillips J.M. and D.S. Hayman. (**1970**) " Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection " **T. Brit. Mycol. Soc**. 55. pp 158.

Popescu, A. (**1998**). "Contributions and limitations to sysmbiotic nitrogen fixation in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Romania". **Plant Soil**. 204:117-125.

Sharma, S., R.G, Upadhyay, C.R Sharma and Rameshwar. (**2003**). "Response on growth, physiological parameters and yield of *Vigna radiate* L". Wilczek under rain fed and mid hill conditions of Himachal Pradesh. **Indian J Agr Res**. 37(1): 52-55.

Sharma, A.K. and B.N. Johri. (**2002**). "**Arbuscular Mycorrhizae, Interaction in Plants, Rhizosphere and Soils**". Science Publisher. Inc, Enfild, Nh, USA.

Sharon D. Anderson. (**2003**). "Dry bean production Giude". North Dakota State University.

Sheehy, J.E., T. Holloway, F.I. Woodward, and G. Gosse. (**1988**). "Nitrogen fixation, nodule numbers per unit ground area and bioenergetic". **Ann. Bot. London**. 531-536.

Sivaramaiah, N., D.K. Malik, and S.S. Sindhu. (**2007**). "Improvement in sysmbiotic efficiency of chickpea (*Cicer arietinum*) by coinoculation of Bacillus strains with *Mesorhizobium* sp". Cicer. **Indi. J. Microbio**. 43:51-56.

Smith, S.E.,and D.J. Read. (**2008**) "Mycorrhizal Symbioses". Academic Press. London. p. 800.

Solaiman, A.R.M., D. Hossain, and M.G. Rabbani. (**2007**). "Influence of *Rhizobium* inoculant and mineral nitrogen on some chickpea varieties". **Bangladesh J. Microbiology**. 24:146-150.

Sprent, Janet I. (**1990**). "**Nitrogen fixing organisms**". Chapman and Hall.

Stacey, G., R.H. Buris, and H.J. Evans. (**1992**). "**Biological Nitrogen Fixation**". Chapman and Hall, New York.

Stancheva, I., M. Geneva, G. Zehirov, G. Tsvetkova, M. Hristozkova, and G. Georgiev. (**2006**). "Effects of combined inoculation of pea plants with arbuscular mycorrhizal fungi and Rhizobium on nodule formation and nitrogen fixing activity". **Gen. Appl. Plant Physiology**. pp. 61-66.

Swift, C.E. (**2004**). "**Mycorrhiza and soil phosphorus levels**". Area Extension Agent. http:// www. colostate. edu/ Depts/ Coop Ext/ TRA/ Plants/ mycorrhiza.

Sylvia, D.M., and N.C. Schenck. (**1983**). "Soil fungicides for controlling chytridiaceous mycoparasites of *Gigaspora margarita* and *Glomus fasciculatum*". **Appl. Environ. Microbiol**. 45:1306-139.

Talaat, N.B. and Abdallah, M.A. (**2008**). "Response of faba bean (*Vicia faba* L.) to dual inoculation with *Rhizobium* and VA mycorrhiza under different levels of N and P fertilization. **J. Apply. Sci. Res**. 4(9): 1092 -1102.

Tarafdar, J.C. and H. Marschner. (**1994**). "Efficiency of VAM hyphae in utilization of organic phosphorus by wheat plants". **Soil Sci Plant Nutr**. 40:593-600.

Turk, M.A., T.A. Assaf, K.M. Hameed, and A.M. Tawaha. (**2006**). "Significance of mycorrhizae". **World. J. Agr. Sci**. 2:16-20.

Uhart, S.A., and F.H. Andrade. (**1995**). "Nitrogen deficiency in maize: I. Effects on crop growth, development, dry matter partitioning , and kernel set". **Crop Sci**. 35: 1376-1383.

Vance, C.P. (**1996**). "**Root-becteria. interactions. Symbiotic nitrogen fixation**" In:Plant roots: The hidden half. Y.Waisel, A. Eshel, and u. kafkaki(eds). Marcel Dekker. New York. pp.723-755.

Vander Heijden, M.G.A., and I.R. Sanders. (**2002**)."**Mycorrhizal Ecology**". Berlin and Heidelberg, Germany: Springer-Verlag.

Vessey, K. (**2003**). "Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers". **Plant Soil**. 255:571-586.

Whithehead, L.F. and D.A. Day. (**1997**)."The peribacteriod membrane". **Physiol. Plant**.100:30-44.

Willams , W.A., R.S. Loomis, and C.R. Lepley. (**1965**). "Vegetative growth of corn as affected by population density". II. Components of growth, net assimilation rate and leaf area index. **Crop Sci**. 5: 215-219.

Wyss, P., T.H. Boller, and A. Wiemken. (**1992**). "Testing the effect of biological control agents on the formation of vesicular arbuscular mycorrhiza". **Plant Soil.** 147:159-162.

Yu, M., Q. Gao, and M.J. Shaffer. (**2002**). "Simulating interactive effects of symbiotic nitrogen fixation, carbon dioxide elevation, and climatic change on legume growth". **J. Environ. Quality**. 31:634-641.

Abstract

Environmental pollution, particularly contamination of soil and water resources, resulting from the indiscriminate use of chemical fertilizers, caused contamination of foods and threats of human health. One of the strategies to improve the quality of agricultural products, soil, and remove pollutantts the use of organic fertilizers in agricultural products. Bean plants is a host of Mycorrhizal arbuscular fungi and nitrogen fixation bacteria. Accordingly, in order to study the effect of mycorrhizal fungi, nitrogen fixation bacter and nitrogen fertilizer on yield and yield components of red beans, a field experimental was conducted during growing season of 2010 at the Technology University Agricultural Research Station located in Bastam. The experiment was a factorial experiment in the base of randomized complete blocks design with three replications. The factors were mycorrhizal inoculation (inoculated and non-inoculated with *glomus intraradices*), nitrogen fixation bacter inoculation (inoculated and non-inoculated with *Rhizobium leguminosarum*) and nitrogen fertilizer (0, 75 ,125 kg/hr).
Growth analysis and leaf dry weight were measured with intervals of 7-10 days. Yield and yield components were analyzed at the end of the experiment. The results showed that the main effect of mycorrhizal on all variables other than number of node, number of pods per plant, harvest index and soil phosphorus was significant. Mycorrhiza increased seed yield and biological yield, 12.88 and 13.28 percent compared with control respectively. The main effect of nitrogen fertilizer on all variables except for dry weight of the pods, number of seeds per pod, harvest index, seed phosphorus and soil phosphorus was significant. In most cases between 75 kg/hr and 125 kg/hr of fertilizer was not significant difference. So can use 75 kg/hr instead of 125 kg/hr advised. Nitrogen fertilizer reduced the mycorrhizal colonization of roots. The main effect of rhizobium bacteria on the number of nodes, seed weight, seed yield and biological yield was significant and increased all of them. Interactions between mycorrhizal and rhizobium bacteria in nodules, dry weight of pods, number of pods per plant and seed weight was significant. Application of AM fungi and bacteria with 125 kg/ha nitrogen fertilizer caused reduction of node dry weight, number of nood at 50% of flowering, but when 75 kg/ha nitrogen where used node dry weight and number of node increased. mycorrhizal fungi, rhizobium bacteria and nitrogen fertilizer, increased growth index compare to control. Mycorrhizal fungi and nitrogen fertilizer had a greater impact of the investigated variables in this experiment.

Keywords: Red bean, Mycorrhiza arbuscular, *Rhizobium leguminosarum*, Nitrogen fertilizer

Shahrood University of Technology

Faculty of Agriculture

Department of Agronomy

M. Sc. Thesis

Study on the application of arbuscular mycorrhiza fungi, nitrogen fixation bacteria and nitrogen fertilizer on the yield and yield components of *Phaseolus vulgaris* L.

Fateme Rajabzadeh Motlagh

Supervisors:

Dr. H. R. Asghari

Dr. M. Mamarabadi

Advisors:

Dr. N. Farokhi

Dr. H. Asadi Rahmani

February 2012