بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده‌ی کشاورزی

گروه آب و خاک

بررسی بر هم کنش قارچ میکوریز، باکتری مزوریزوبیوم و سولفات آهن بر برخی خصوصیات خاک و عملکرد نخود

محبوبه خسروجردی

استاد راهنما

دکتر شاهین شاهسونی

اساتید مشاور

دکتر منوچهر قلی‌پور

دکتر حمیدرضا اصغری

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

بهمن ماه ۱۳۹۱

دانشگاه صنعتی شاهرود

مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره (۶)

شماره : ۶/۴۳۲

تاریخ : ۱۳۹۱/۱۱/۳۰

ویرایش :

بسمه تعالی

فرم صورتجلسه دفاع از پایان نامه تحصیلی دوره کارشناسی ارشد

با تأییدات خداوند متعال و با استعانت از حضرت ولی عصر (عج) ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد **خانم محبوبه خسروجردی** رشته کشاورزی گرایش **علوم خاک** تحت عنوان: **" بررسی برهم کنش قارچ میکوریز، باکتری مزوریزوبیوم و سولفات آهن بر برخی خصوصیات خاک و عملکرد نخود "** که در تاریخ ۱۳۹۱/۱۱/۴ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

قبول (با درجه : عالی امتیاز ۱۹٫۲۹) ☐ دفاع مجدد ☐ مردود ☐

۱ـ عالی (۲۰ ـ ۱۹) ✓ ۲ـ بسیار خوب (۱۸/۹۹ ـ ۱۸)

۳ـ خوب (۱۷/۹۹ ـ۱۶) ۴ـ قابل قبول (۱۵/۹۹ ـ ۱۴)

۵- نمره کمتر از ۱۴ غیر قابل قبول

عضو هیأت داوران	نام ونام خانوادگی	مرتبهٔ علمی	امضاء
۱ـ استادراهنما	شاهین شاهسونی	استادیار	
۲ـ استاد مشاور	منوچهر قلی پور حمیدرضا اصغری	استادیار استادیار	
۳ـ نماینده شورای تحصیلات تکمیلی	خلیل اژدری	استادیار	
۴ـ استاد ممتحن	هادی قربانی	استادیار	
۵ ـ استاد ممتحن	علی عباسپور	استادیار	

رئیس دانشکده :

با خالصانه‌ترین احترام‌ها این پایان نامه را تقدیم می‌کنم به

پدر و مادر بزرگوارم

به پاس تعبیر عظیم و انسانی‌شان از کلمه ایثار و از خود گذشتگی، به پاس عاطفه سرشار و گرمای امیدبخش وجودشان که در این سردترین روزگاران بهترین پشتیبانان هستند، به پاس قلب‌های بزرگشان که فریادرس است و سرگردانی و ترس در پناهشان به شجاعت می‌گراید و به پاس محبت‌های بی‌دریغشان که هرگز فروکش نمی‌کند و سپاس بیکران بر همدلی و همراهی و همگامی دوبرادر دلسوز و مهربانم.

تقدیر و سپاس

من لم یشکر المخلوق لم یشکر الخالق

سپاس و درود بیکران خداوند آفریننده‌ی پاک را، که به یمن نام عزیزیش، زبان گویا، قلم روان و سخن جاری گشت؛ آن که نور هدایت او روشنگر راه انسان‌های دل‌آگاهی گردید که بار رنج مردم را به دوش می‌کشند و هر ناروایی را در راه خدمت به خلق، بر جان خویش هموار می‌سازند؛ و سپاس بی‌اندازه و تقدیر فراوان از روشنگرهای بی دریغ استاد فرزانه و دلسوزم جناب آقای دکتر شاهین شاهسونی و اساتید مشاورم آقایان دکتر منوچهر قلی‌پور و حمیدرضا اصغری که با سعه‌ی صدر و بزرگ منشی در طول مدت مراحل مختلف تحقیق و نگارش پایان‌نامه یاریگر و روشن‌بخش مسیرم بودند کمال تشکر را دارم. از اساتید بزرگوار جناب آقایان دکتر هادی قربانی و علی عباس پور جهت تقبل زحمت بازخوانی پایان‌نامه و ارائه نظرات علمی‌شان تشکر می‌کنم. با سپاس بی‌دریغ خدمت دوستان گران مایه‌ام خانم‌ها مریم خسروی نوده، زهرا قیاسی، سمانه صفری، فاطمه نعیمی، محدثه مقیمی، نعیمه بیطرفان، فاطمه محقانی، نرگس طالع‌زاده، فهیمه خیزاب، فاطمه مولایی که مرا صمیمانه و مشتاقانه یاری داده‌اند. از کارشناسان محترم آزمایشگاه، مهندسین شاکری و حسین‌پور به خاطر همکاریشان در استفاده از دستگاه‌ها، مواد و وسایل آزمایشگاهی تشکر می‌نمایم. و با تشکر خالصانه خدمت همه کسانی که به نوعی مرا در به انجام رساندن این مهم یاری نموده اند.

تعهد نامه

اینجانب محبوبه خسروجردی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه **بررسی بر هم کنش قارچ میکوریز، باکتری مزوریزوبیوم و سولفات آهن بر برخی خصوصیات خاک و عملکرد نخود** تحت راهنمائی دکتر شاهین شاهسونی 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 .

چکیده

مطالعه‌ی حاضر به منظور ارزیابی تاثیر کاربرد باکتری ریزوبیوم و قارچ میکوریزی به عنوان کود بیولوژیک و سولفات آهن به عنوان کود شیمیایی بر عملکرد نخود و برخی خصوصیا ت خاک انجام شد. اثرات ۳ عامل شامل باکتری مزوریزوبیوم سیسری (تلقیح شده و عدم تلقیح)، قارچ میکوریزی (گلوموس موسه، گلوموس اینترادیسه و عدم تلقیح) و مقادیر مختلف کود سولفات آهن (صفر، ۴۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار) با استفاده از یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه‌ای واقع در شهرستان سبزوار طی سال زراعی ۱۳۹۰ انجام شد. نتایج نشان داد کاربرد ریزوبیوم باعث افزایش عملکرد دانه به میزان ۲۳/۴ درصد و افزایش اجزای عملکرد بجز تعداد دانه در غلاف و تعداد غلاف در بوته گردید و بر غلظت روی و گوگرد در دانه و فسفر قابل جذب در خاک تاثیر معنی‌داری داشت. همزیستی میکوریزی باعث افزایش ۳۴/۵۴ درصدی عملکرد دانه و افزایش تمامی صفات اجزای عملکرد و غلظت روی، آهن، گوگرد و فسفر در دانه گردید و گونه‌ی گلوموس موسه موفق تر از اینترادیسه عمل نمود. استفاده از کود شیمیایی سولفات آهن موجب افزایش عملکرد و اجزای آن و مقدار گوگرد، روی، نیتروژن و افزایش درصد پروتئین در دانه گردید اثرات متقابل دوگانه بر روی ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌ی فرعی، عملکرد دانه، درصد نیتروژن، پروتئین، فسفر، گوگرد، روی و آهن دانه، فسفر و سولفات قابل جذب خاک تاثیر معنی‌داری داشت. اثر متقابل سه گانه بر روی تعداد شاخه‌ی فرعی، عملکرد، درصد نیتروژن، پروتئین و فسفر بذر و غلظت روی و آهن دانه و سولفات قابل جذب خاک معنی‌دار بود.

واژگان کلیدی: قارچ میکوریز، باکتری مزوریزوبیوم، سولفات آهن، نخود

مقالات مستخرج از پایان نامه

۱- بررسی کاربرد توام قارچ میکوریز و باکتری مزوریزوبیوم بر برخی صفات مورفولوژیک و عناصرمعدنی و پروتئین دانه نخود(*Cicer arietinum* L.). یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج، ۱۴- ۱۶ شهریور ۱۳۹۱.

۲- اثر همزیستی قارچ میکوریز، باکتری مزوریزوبیوم بر برخی صفات مورفولوژیک نخود. همایش ملی پژوهش‌های راهبردی کشاورزی ایران – قزوین، واحد تاکستان. باشگاه پژوهشگران جوان، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان، ۲۲ -۲۳ تیر ماه ۱۳۹۱.

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه

مقدمه ۱

فصل دوم: کلیات و مرور منابع

۲-۱ حبوبات ۵

۲-۱-۱ نخود ۵

۲-۱-۲ اهمیت نخود در ایران و جهان ۵

۲-۲ خصوصیات گیاهشناسی نخود ۶

۲-۲-۱ موفولوژی ۶

۲-۲-۲ فیزیولوژی رشد و نمو ۷

۲-۲-۳ رشد و نمو زایشی ۷

۲-۲-۴ تشکیل غلاف و بذر ۸

۲-۲-۵ نیازهای اکولوژیکی ۹

۲-۲-۶ خاک ۱۰

۲-۲-۷ عملیات زراعی ۱۱

۲-۲-۷-۱ کاشت ۱۱

۲-۲-۷-۲ تناوب ۱۱

۲-۳ کودهای بیولوژیک..... ۱۲

۲-۳-۱ انواع کودهای بیولوژیک ۱۳

۲-۳-۲ ریزوبیوم ۱۴

۲-۳-۲-۱ تثبیت بیولوژیک نیتروژن ۱۴

۲-۳-۲-۲ همزیستی لگوم -ریزوبیوم ۱۵

۲-۳-۲-۳ محدودیت‌های ریزوبیوم ۱۶

۲-۳-۲-۴ مکانیسم عمل باکتری ریزوبیوم و تشکیل گره ۱۷

۲-۳-۲-۵ اثر باکتری ریزوبیوم بر خصوصیات رشدی حبوبات ۲۰

۲-۳-۲ قارچ‌های میکوریز آربوسکولار ۲۱

۲-۳-۳-۱ مایکوریزا و رشد گیاه ۲۵

۲-۳-۳-۲ جذب آب و مواد مغذی توسط مایکوریزا ۲۶

۲-۳-۳-۳ اثر همزیستی مایکوریزا بر جذب فسفر توسط گیاه میزبان ۲۹

۲-۳-۳-۴ قارچ مایکوریزا و هورمون‌های گیاهی ۳۰

۲-۳-۳-۵ مایکوریزا و ریزوبیا ۳۱

۲-۳-۴ سولفات آهن ۳۲

فصل سوم: مواد و روش‌ها

۳-۱ موقعیت محل و زمان اجرای آزمایش ۳۶

۳-۲ خصوصیات خاک محل اجرای آزمایش ۳۶

۳-۳ طرح آماری و تیمارهای بکار رفته در آزمایش ۳۶

۳-۴ عملیات آماده سازی زمین ۳۹

۳-۴-۱ عملیات کاشت ۳۹

۳-۴-۲عملیات داشت ۳۹

۳-۴-۳ عملیات برداشت ۳۹

۳-۵ تلقیح ریزوبیوم..... ۴۰

۳-۶ تلقیح با میکوریز ۴۰

۳-۷ کود سولفات آهن ۴۰

۳-۸ نمونه برداری‌ها در طی فصل رشد..... ۴۰

۳-۸-۱ نمونه برداری از خاک ۴۱

۳-۹ اندازه‌گیری کلروفیل ۴۱

۳-۱۰ تعیین مقدار فسفر قابل جذب خاک ۴۱

۳-۱۱ تعیین مقدار سولفات قابل جذب خاک ۴۲

۳-۱۲ تعیین میزان عناصر بذر ۴۲

۳-۱۳ پروتئین دانه ۴۳

۳-۱۴ تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها ۴۴

فصل چهارم: نتایج و بحث

۴-۱ عملکرد و اجزای آن ۴۶

۴-۱-۱ ارتفاع بوته ۴۶

۴-۱-۲ تعداد شاخه‌ی فرعی ۴۹

۴-۱-۳ کلروفیل ۵۱

۴-۱-۴ عملکرد دانه ۵۳

۴-۱-۵ تعداد غلاف در بوته ۵۶

۴-۱-۶ تعداد دانه در غلاف ۵۸

۴-۲ میزان غلظت برخی عناصر دانه ۶۰

۴-۲-۱ نیتروژن دانه ۶۰

۴-۲-۲ درصد پروتئین دانه ۶۳

۴-۲-۳ فسفر دانه ۶۶

۴-۲-۴ گوگرد دانه ۶۹

۴-۲-۵ میزان روی دانه ۷۱

۴-۲-۶ میزان آهن دانه..... ۷۴

۴-۳ برخی خصوصیات خاک ۷۷

۴-۳-۱ pH خاک ۷۷

۴-۳-۲ سولفات قابل جذب خاک ۷۹

۴-۳-۳ فسفر قابل جذب خاک ۸۱

۴-۴ نتیجه گیری ۸۴

۴-۵ پیشنهادات ۸۶

منابع ۸۷

فهرست جداول

۳-۱ آنالیز نمونه خاک مزرعه ۳۷

۴-۱ نتایج تجزیه واریانس اثر میکوریز، باکتری مزوریزوبیوم و سولفات آهن بر ارتفاع نخود ۴۷

۴-۲ نتایج تجزیه واریانس اثر میکوریز، باکتری مزوریزوبیوم و سولفات آهن بر تعداد شاخه فرعی. ۴۹

۴-۳ نتایج تجزیه واریانس اثر میکوریز، باکتری مزوریزوبیوم و سولفات آهن بر کلروفیل برگ ۵۲

۴-۴ نتایج تجزیه واریانس اثر میکوریز، باکتری مزوریزوبیوم و سولفات آهن بر عملکرد دانه..... ۵۴

۴-۵ نتایج تجزیه واریانس اثر میکوریز، باکتری مزوریزوبیوم و سولفات آهن بر تعداد غلاف بوته.... ۵۷

۴-۶ نتایج تجزیه واریانس اثر میکوریز، باکتری مزوریزوبیوم و سولفات آهن بر تعداد دانه در غلاف.۵۹

۴-۷ نتایج تجزیه واریانس اثر میکوریز، باکتری مزوریزوبیوم و سولفات آهن برنیتروزن دانه ۶۱

۴-۸ نتایج تجزیه واریانس اثر میکوریز، باکتری مزوریزوبیوم و سولفات آهن بر پروتئین دانه ۶۴

۴-۹ نتایج تجزیه واریانس اثر میکوریز، باکتری مزوریزوبیوم و سولفات آهن بر فسفر دانه ۶۷

۴-۱۰ نتایج تجزیه واریانس اثر میکوریز، باکتری مزوریزوبیوم و سولفات آهن بر گوگرد دانه ۷۰

۴-۱۱ نتایج تجزیه واریانس اثر میکوریز، باکتری مزوریزوبیوم و سولفات آهن بر روی دانه ۷۲

۴-۱۲ نتایج تجزیه واریانس اثر میکوریز، باکتری مزوریزوبیوم و سولفات آهن بر آهن دانه ۷۵

۴-۱۳ نتایج تجزیه واریانس اثر میکوریز، باکتری مزوریزوبیوم و سولفات آهن بر اسیدیته خاک ۷۸

۴-۱۴ نتایج تجزیه واریانس اثر میکوریز، باکتری مزوریزوبیوم و سولفات آهن بر سولفات قابل جذب خاک.۷۹

۴-۱۵ نتایج تجزیه واریانس اثر میکوریز، باکتری مزوریزوبیوم و سولفات آهن بر فسفر قابل جذب خاک .۸۳

فهرست اشکال

۲-۱ چگونگی همزیستی بین گیاه میزبان و آربوسکولار مایکوریزا ۲۳

۳-۱ نقشه کشت ۳۸

۴-۱ اثرم متقابل میکوریز و مزوریزوبیوم بر ارتفاع بوته ۴۸

۴-۲ اثر متقابل میکوریز و سولفات آهن بر ارتفاع بوته ۴۸

۴-۳ اثر متقابل سولفات آهن و مزوریزوبیوم در شرایط تلقیح با گلوموس اینترادیسه بر تعداد شاخه فرعی.۵۰

۴-۴ اثر متقابل سولفات آهن و مزوریزوبیوم در شرایط عدم تلقیح با میکوریز بر تعداد شاخه فرعی۵۱

۴-۵ اثر متقابل میکوریز و سولفات آهن در شرایط تلقیح با ریزوبیوم بر کلروفیل برگ ۵۲

۴-۶ اثر متقابل میکوریز و سولفات آهن در شرایط عدم تلقیح با ریزوبیوم بر کلروفیل برگ ۵۳

۴-۷ اثر متقابل میکوریز و سولفات آهن در شرایط تلقیح با ریزوبیوم بر عملکرد دانه ۵۵

۴-۸ اثر متقابل میکوریز و سولفات آهن در شرایط عدم تلقیح با ریزوبیوم بر عملکرد دانه ۵۶

۴-۹ تاثیر میکوریز آربوسکولار بر تعداد غلاف در بوته ۵۷

۴-۱۰ تاثیر کود سولفات آهن بر تعداد غلاف در بوته ۵۸

۴-۱۱ اثر متقابل مزوریزوبیوم و سولفات آهن بر تعداد دانه در غلاف ۵۹

۴-۱۲ اثر متقابل میکوریز و سولفات آهن در شرایط تلقیح با ریزوبیوم بر درصد نیتروژن دانه ۶۲

۴-۱۳ اثر متقابل میکوریز و سولفات آهن در شرایط عدم تلقیح با ریزوبیوم بر درصد نیتروژن دانه.۶۳

۴-۱۴ اثر متقابل میکوریز و سولفات آهن در شرایط تلقیح با ریزوبیوم بر درصد پروتئین دانه ۶۵

۴-۱۵ اثر متقابل میکوریز و سولفات آهن در شرایط عدم تلقیح با ریزوبیوم بر درصدپروتئین دانه. ۶۵

۴-۱۶ اثر متقابل میکوریز و سولفات آهن در شرایط تلقیح با ریزوبیوم بر غلظت فسفر دانه ۶۸

۴-۱۷ اثر متقابل میکوریز و سولفات آهن در شرایط عدم تلقیح با ریزوبیوم بر غلظت فسفر دانه... ۶۹

۴-۱۸ اثر متقابل میکوریز و مزوریزوبیوم بر غلظت گوگرد دانه ۷۱

۴-۱۹ اثر متقابل میکوریز و سولفات آهن بر غلظت گوگرد دانه ۷۱

۴-۲۰ اثر متقابل میکوریز و سولفات آهن در شرایط تلقیح با ریزوبیوم بر غلظت روی دانه ۷۳

۴-۲۱ اثر متقابل میکوریز و سولفات آهن در شرایط عدم تلقیح با ریزوبیوم بر غلظت روی دانه ۷۴

۴-۲۲ اثر متقابل میکوریز و سولفات آهن در شرایط عدم تلقیح با ریزوبیوم بر غلظت آهن دانه ۷۶

۴-۲۳ اثر اصلی کود سولفات آهن در میزان اسیدیته خاک ۷۸

۴-۲۴ اثر متقابل میکوریز و سولفات آهن در شرایط تلقیح با ریزوبیوم بر سولفات قابل جذب خاک.

۸۰

۴-۲۵ اثر متقابل میکوریز و سولفات آهن در شرایط عدم تلقیح با ریزوبیوم بر سولفات قابل جذب خاک .. ۸۱

۴-۲۶ اثر متقابل مزوریزوبیوم و سولفات آهن در میزان فسفر قابل جذب خاک ۸۳

۴-۲۷ اثر متقابل میکوریز و مزوریزوبیوم در میزان فسفر قابل جذب خاک ۸۵

مقدمه

خاک یک محیط جالب و پیچیده است. فعالیت‌های زیادی در فضای خاک درگیر هستند که خصوصیات خاک را تعیین می‌کنند. رفتار بیولوژیکی خاک یک پارامتر کلیدی موثر در سلامتی خاک، کیفیت و تولیدات زمینی می‌باشد که می‌تواند به عنوان معیار ارزیابی اکولوژی خاک و بازده کشاورزی باشد. ریزوسفر خاک یک محیط فعال است که بوسیله ریشه‌های گیاهان احاطه شده است. انواع مختلفی از میکروارگانیسم‌های خاک که با سایر میکروب‌های خاک و با ریشه‌ی گیاهان در تعامل هستند در این محیط حضور دارند، فعالیت و برهمکنش میکروارگانیسم‌های ریزوسفر می‌تواند روی خصوصیات خاک و تولیدات زراعی مطلوب مفید باشد. هدف اصلی کشاورزی پایدار کاهش نهاده‌های مصرفی، افزایش چرخه داخلی عناصر غذایی خاک از طریق کاهش خاکورزی و استفاده از کودهای زیستی بجای کودهای شیمیایی در جهت افزایش عملکرد محصولات کشاورزی و تولید غذای بیشتر است (لیگرید و همکاران، ۱۹۹۹؛ کوچکی و همکاران، ۲۰۰۸). در این بین می‌توان به قارچ‌های میکوریز آربوسکولار [1](AM) و باکتری‌های تثبیت کننده‌ی نیتروژن اشاره کرد. قارچ های آربوسکولار در بهبود و توسعه‌ی گیاهی، جذب مواد مغذی، پایداری و مقاومت در شرایط محیطی سخت از قبیل فلزات سمی و سنگین، پاتوژن‌ها، خشکی، درجه حرارت بالای خاک، خاک‌های شور، خاک‌هایی با pH نامناسب و نشاء کاری‌ها مناسب هستند (رویزلوزانو و همکاران، ۲۰۰۱). ریزوبیا نام عمومی باکتری‌های تثبیت کننده‌ی نیتروژن مولکولی است که قادر به همزیستی خوبی با لگوم‌ها هستند. تلقیح لگوم‌ها با این باکتری منجر به تشکیل گره و تثبیت نیتروژن می‌شود.

[1]) Arbuscular Mycorrhiza

لگوم‌ها ارزش زیادی در حاصلخیزی خاک و سیستم‌های کشاورزی ارگانیک دارند. باتوجه به ارزش غذایی بالای حبوبات، نخود (*Cicer arietinium L.*) بخش جدایی ناپذیر از سیستم روزانه میلیون‌ها نفر از مردم هست و هنگامی که در ترکیب با غلات است یک تعادل غذایی و کالری مفید و ایده‌آل را برای انسان فراهم می‌کند. اکثر حبوبات دارای محتویات بالایی از نیتروژن هستند، توانایی بالایی برای کسب نیتروژن اتمسفر از طریق یک ارتباط همزیستی با میکروب‌های خاک دارند. نخود منبع خوبی از انرژی، پروتئین، مواد مغذی، ویتامین‌ها و فیبر است و دارای پتانسیل بالقوه‌ای برای تامین مواد معدنی و ویتامین-هاست (ویلیامز و سینگ، ۱۹۸۷). حضور بسیاری از انواع مختلف پروتئین‌ها و دیگر مولکول‌های کوچکتر از جمله آلکالوئیدها، ایزوفلاون‌ها، پلی فنولیدها و تنوع الیگوساکاریدها هستند. دانه‌های نخود در درمان و پیشگیری بسیاری از بیماری‌ها مختلف و در رژیم‌های غذایی، یکی از راههای حفظ سلامت معرفی شده اند (وود و گراساک، ۲۰۰۷).

نخود (*Cicer arietinium L.*) بزرگترین لگوم غذایی در جنوب آسیا و پس از نخود فرنگی و لوبیا ، سومین لگوم مهم جهان محسوب می‌گردد (ایکریست، ۲۰۱۰). به عنوان یک محصول کم هزینه در سیستم های زراعی مناطق گرمسیری نیمه خشک کشت می‌گردد. این گیاه به خاطر قابلیت سازگاری با طیف وسیعی از شرایط محیطی و خاک از قبیل اراضی حاشیه‌ای برای کشت دیگر محصولات مثل گندم حائز اهمیت می باشد. در کشور ما نخود قسمت اعظم سطح کشت حبوبات را به خود اختصاص داده است، که نشانگر آن است که این گیاه نسبت به سایر حبوبات، سازگاری بیشتری با شرایط اقلیمی کشور داشته و با توجه به محدودیت‌های موجود در تامین پروتئین‌های حیوانی می‌تواند بخشی از پروتئین مورد نیاز کشور را تامین نماید. قسمتی از کمبود پروتئین را می توان بوسیله مصرف حبوبات جبران نمود. ۳۰-۲۰٪ وزن دانه های حبوبات را پروتئین تشکیل می دهد که این میزان ۳-۲ برابر پروتئین غلات و ۲۰-۱۰ برابر بیشتر از پروتئین گیاهان غده ای است (کوچکی و بنایان اول، ۱۳۷۲).از لحاظ وسعت کشت مقام سوم را

در بین حبوبات دارد و در ۳۳ کشور جهان کشت می شود(سینگ، ۱۹۹۷). نخود در دنیا دارای سطح زیر کشت معادل ۱۰/۳ میلیون هکتار و تولید جهانی سالیانه ۷/۵ میلیون تن است (فائو، ۲۰۰۴). این گیاه در تغذیه مردم ایران مصرف زیادی دارد. درکشورهای درحال توسعه مردم اساساً از محصولات پرنشاسته مثل برنج، گندم، ذرت، سورگوم، سیب زمینی وکاساوا تغذیه می کنند. این محصولات از نظر پروتئین غنی نیستند، حال آنکه یکی از مشکلات نابهنجار فعلی میلیونها نفر از مردم خصوصاً آنهایی که درمناطق گرم زندگی می‌کنند کمبود پروتئین است. مطالعات حاکی از آن است که ترکیب مناسبی از پروتئین گیاهی می تواند سوء تغذیه و کمبود پروتئین را مرتفع سازد. نحوه‌ی تغذیه نخود به طور مستقیم دانه‌ی نخود را تحت تاثیر قرار می‌دهد. در سال‌های اخیر لزوم گنجاندن بقولات در تناوب کاهش کود و سموم شیمیایی مورد توجه محققان و کارشناسان قرار گرفته است. مساله تامین غذای کافی و دارای کیفیت مناسب برای جمعیت روز افزون جهان از یک سو و مشکلات زیست محیطی ناشی از کاربرد کودهای شیمیایی، هزینه تولید و مصرف آنها از دیگر سو، تجدیدنظر در روشهای افزایش تولید محصولات زراعی را ضروری ساخته است. از این رو کاربرد فرآوردهای زیستی برای تغذیه گیاهان زراعی به عنوان راهکاری بنیادین مدنظر قرار گرفته است. فراهم سازی شرایط لازم برای استفاده بیشتر از فرآیندهای طبیعی مانند تثبیت زیستی نیتروژن یکی از راهکارهای تولید بهینه محصول و مهم تر از آن حفظ سلامت محیط زیست است. یکی از شیوه‌های بیولوژی برای افزایش تولید در کشاورزی، استفاده از ریز جانداران مفید خاکزی است که می‌توانند به طرق مختلف باعث افزایش رشد و عملکرد گیاه شوند. در این تحقیق سعی شده به سوالاتی از جمله بررسی عملکرد و اجزای عملکرد نخود در استفاده توأم قارچ میکوریز آربوسکولار و باکتری مزوریزوبیوم سیسری و کود سولفات آهن، میزان غلظت برخی عناصر غذایی دانه در تلقیح توأم کودهای زیستی و همچنین واکنش خاک به استفاده از کودهای بیولوژیک به همراه کود شیمیایی را پاسخ داده.

فصل دوم

کلیات و مرور منابع

۲-۱ حبوبات

۲-۱-۱ نخود

در فارسی به نام‌های نخود زراعی، نخود سفید، نخود ایرانی و نخود نامیده می شود. نام انگلیسی آن Chickpea، Fieldpea، Gram، Garbanzou و Bangalgram می‌باشد (کوچکی و بنایان اول، ۱۳۷۲). نخود متعلق به گونه‌ی سیسر ، تیپ سیسری ، خانواده‌ی فابیاسه ، زیر خانواده‌ی پاپیلوناسه. نخود محصولی خودگرده افشان با درصد ناچیزی دگرگشنی و گیاهی روز بلند است. دو نوع مختلف نخود وجود دارد : ۱)کابلی ۲) دسی۷

۲-۱-۲ اهمیت نخود در ایران و جهان

نخود سومین گیاه از گروه حبوبات مهم دنیا با تولید جهانی معادل ۸ میلیون تن می‌باشد. این مقدار تولید در سطحی معادل ۱۰/۵۳ میلیون هکتار با عملکرد متوسط۷۷۳ کیلوگرم در هکتار به دست می‌آید. نخود به عنوان یکی از مهمترین حبوبات در ایران، دارای سطح زیر کشت معادل۷۵۰ هزار هکتار و تولید ۳۰۰ هزار تن با عملکرد متوسطی معادل ۴۰۷ کیلو گرم در هکتار می‌باشد. سطح زیر کشت و تولید این محصول طی دو دهه‌ی گذشته در کشور به ترتیب ۳ و ۵ برابر افزایش یافته است. با این حال عملکرد متوسط آن از ۶۶۳ کیلوگرم به ۴۰۷ کیلوگرم در هکتار تنزل یافته است که دلیل عمده آن کشت دیم و اختصاص زمین‌های نامرغوب به کشت این محصول می‌باشد. نخود در بین حبوبات ۶۴٪ سطح زیر کشت را به خود اختصاص داده و در بین محصولات کشاورزی در کشور از نظر سطح زیر کشت سومین رتبه را دارا می‌باشد. در حدود ۹۵٪ سطح زیر کشت نخود در ایران به صورت کشت دیم است. با این وجود عملکرد نخود در ایران در حدود نصف عملکرد جهانی است (پارسا و باقری، ۱۳۸۷). ایران با سطح زیر

کشت ۷۰۰ هزار هکتار نخود رتبه چهارم دنیا را پس از هندوستان، پاکستان و ترکیه به خود اختصاص داده است (صباغ پور، ۲۰۰۳).

۲-۲ خصوصیات گیاهشناسی نخود

۲-۲-۱ مورفولوژی

نخود گیاهی یکساله با تیپ ایستاده، نیمه ایستاده یا خوابیده به ارتفاع ۰/۲ تا ۱ متر است. دارای کرک‌ها و پرزهای غده‌دار و بوته آن به رنگ سبز زیتونی تا سبز آبی است. بوته نخود ممکن است دارای شاخه دهی کم یا زیاد باشد. سیستم ریشه ای نخود قوی و تا عمق حداکثر ۲ متر می‌تواند ادامه یابد. اما قسمت عمده آن در عمق ۶۰ سانتی متری قرار دارد. سیستم ریشه ای دارای پتانسیل گره‌زایی خوب و درشت است. برگ‌ها، شانه‌ای متناوب و دارای ۸-۳ جفت برگچه و یک برگچه انتهایی هستند. برگچه‌ها بیضی شکل به طول ۰/۶ تا ۲ سانتی‌متر و به عرض ۰/۳ تا ۱/۴ سانتی متر با حاشیه دندانه‌دار، نوک تیز و ریشک‌دار هستند. برگ‌ها، گوشواره دار به رنگ سبز مایل به زرد تا سبز تیره است. برگچه‌ها، متناوب تا متقابل، بیضی شکل، چسبیده به محور برگ (بدون دمبرگچه)، نوک تیز و بدون گوشواره هستند. گل آذین دارای یک و گاهی دو گل روی محور دمگل بلند و باریک بوده و دمگل‌ها هنگام رسیدگی یا پرشدن غلاف‌ها حالت آویزان به خود می‌گیرند. گل‌ها پروانه‌ای شکل و به رنگ سفید صورتی تا ارغوانی یا آبی دیده می‌شوند. کاسه گل به طول ۱۰-۷ میلی متر، پنج قسمتی، نیمه منظم، زنگوله‌ای شکل و پوشیده از کرک‌های غده‌ای و کاسبرگ‌ها نیز نیزه‌ای شکل هستند، اما جام گل فاقد کرک‌های غده‌دار است. هر گل دارای ۱۰ عدد پرچم و تا حدودی خمیده بوده، و بساک‌ها در پایه به هم متصل و به شکل بیضی و زرد رنگ می‌باشند. تخمدان تقریباً بدون پایه بوده، و خامه‌ی آن خمیده، رو به بالا و دارای کلالهٔ پهن می باشد. تخمدان متورم و کرک‌دار است. غلاف‌های نخود، متورم، به شکل بیضوی یا لوزی، به ابعاد ۲۹-۱۴ میلی متر (طول) و ۲۰-۸ میلی متر (عرض) بوده و دارای۲-۱ (گاهی ۳) دانه می‌باشند. روی پوست غلاف،

کرک‌های غده‌ای و مترشحه وجود دارد. دانه‌ها کروی، گوشه‌دار به رنگ کرم تا قهوه‌ای، سبز یا سیاه بوده و سطح دانه‌ها صاف یا چروکیده می باشد. رنگ پوسته بذر ممکن است با رنگ گل همبستگی داشته باشد، بدین ترتیب ژنوتیپ‌های دارای بذور تیره‌تر(دسی) دارای گل رنگی (اغلب ارغوانی) و ژنوتیپ‌های با بذر سفید تا کرم (کابلی) اغلب دارای گل‌های سفید رنگ می‌باشد. گیاهچه‌ها بسته به شرایط ۱۰-۷ روز پس از کاشت سبز می‌شوند. جوانه زنی بذر نخود به صورت هیپوچیل(لپه زیر خاک) است. دو برگ اولیه روی گیاه ساده متقابل هستند (پارسا و باقری، ۱۳۸۷).

۲-۲-۲ فیزیولوژی رشد و نمو

در نخود رشد و نمو را می‌توان به چهار مرحله فنولوژیکی تقسیم کرد. این مراحل عبارتند از: ۱- جوانه زنی، ۲- رشد رویشی، ۳- گل دهی ۴- غلاف بندی و رسیدگی نهایی. جوانه زنی مناسب، نیاز اولیه برای استقرار گیاه است و رشد رویشی شامل شاخه‌دهی و توسعه کانوپی گیاه است. گلدهی نخود از نوع رشد نامحدود می‌باشد، و تا مرحله‌ی نمو غلاف ادامه می‌یابد و رسیدگی نیز معمولاً با پیر شدن برگ‌ها توام است. مدت زمان هر یک از مراحل فنولوژیکی بسته به رقم، فتوپریود، درجه حرارت و آب قابل دسترس متفاوت است (گنجعلی و نظامی، ۱۳۸۷).

۲-۲-۳ رشد و نمو زایشی

گلدهی: در حبوبات نظیر سایر گیاهان زراعی، تقویم زمانی تشکیل گل‌ها به فتوپریود و درجه حرارت وابسته است. در این ارتباط پاسخ گونه‌ها متفاوت است، برخی از آنها نظیر لوبیا که به عنوان گیاهان روز کوتاه نامیده می‌شود در فتوپریودهای کوتاه وارد رشد زایشی می‌شوند و برخی دیگر مانند نخود و عدس که به عنوان گیاهان روز بلند شناخته می‌شوند در شرایط روزهای بلند وارد رشد و نمو زایشی می‌شوند. هر گونه‌ی گیاهی در یک طول روز معینی که خاص آن گونه یا واریته است، تحریک به رشد زایشی می‌شود.

به عبارت دیگر در این طول روز سرعت انجام وقایع برای شروع زایشی حداکثر است. به این طول روز اصطلاحا فتوپریود مطلوب می‌گویند. گلدهی غیرموثر زمانی است که گل‌های اولیه تشکیل شده‌اند اما نمی‌توانند توسعه پیدا کنند و در مناطق گرمسیری سرد معمول است (ایکریست، ۱۹۷۸).

۲-۲-۴ تشکیل غلاف و بذر

پس از گلدهی، گیاه بالقوه قادر به تشکیل غلاف و بذر می‌شود. در حبوبات مرحله‌ی اول رشد و نمو بذر با تقسیم سلولی آغاز می‌شود و متعاقب آن دوره‌ی افزایش حجم سلول آغاز می‌شود و پس از آن با تجمع ترکیبات دخیره‌ای در سلول‌ها، رشد بذر تداوم می‌یابد. بسیاری از حبوبات تعداد زیادی گل تولید می‌کنند، اما تنها درصد کمی از آنها به غلاف و بذر تبدیل می‌شوند. غلاف نخود متورم بوده و به یک نوک باریک منتهی می‌شود، به طوری که گاهی اوقات تقریبا به صورت خار (تیغ) مشاهده می‌شود. تحقیقات در مورد تشکیل غلاف در رقم‌های مختلف نخود نشان داده است که این مقدار به طور متوسط ۳۲ درصد است. البته در این ارتباط عوامل محیطی از جمله نور، درجه حرارت و میزان رطوبت خاک به مقدار زیادی می‌توانند تاثیر گذار باشند. تحقیقات نشان داده است که در اکثر حبوبات، رشد غلاف‌ها منجر به پیری سریع گیاه یا حداقل پیری برگ‌هایی که در محدوده‌ی غلاف‌ها هستند می‌شود (سینگ، ۱۹۹۷). از آنجایی که این برگ‌ها توانایی انجام فتوسنتز خود را سریع از دست می‌دهند این عمل تعداد گل‌هایی را که بعدا تبدیل به غلاف می‌شوند محدود می‌کند. در حبوبات دوره رشد غلاف و سرعت پیری برگ‌ها با شروع تنش آب و افزایش درجه حرارت‌های محدودکننده‌ی رشد، افزایش می‌یابد. در صورت فراهمی رطوبت رشد غلاف‌ها و بلوغ آنها در یک دوره‌ی طولانی تر انجام می‌شود و برگ‌ها با سرعتی آهسته تر پیر می‌شوند (سینگ و همکاران، ۱۹۹۷).

۲-۲-۵ نیازهای اکولوژیکی

نخود گیاهی است مقاوم به خشکی نیاز به اقلیمی خشک و سرد دارد، و دارای دو تیپ زمستانه و تابستانه است تیپ زمستانی آن دارای دانه‌های ریز بوده و بیشتر در ممالک شرقی آسیا و ایران کاشته می‌شود، این دسته از گیاهان کوچک با گلهای صورتی و فرم رویش خوابیده هستند. دانه‌های آنها به رنگ‌های مختلف بوده و دارای رنگیزه آنتوسیانین می‌باشند. تیپ تابستانه آن دارای دانه‌های درشت و به رنگ کرم است، این تیپ نخود را در کشورهای غرب آسیا و همچنین ایران می‌کارند، این دسته از گیاهان فاقد آنتوسیانین بوده و گل‌های آنها سفید است. این نخودها به تیپ مدیترانه‌ای هم مشهور هستند. نخود نه تنها دمای بالا بلکه دمای پایین را به خوبی تحمل می‌کند. دمای مطلوب برای رشد آن ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی گراد است، این گیاه در طی دوره گل دهی نیاز به دمایی معتدل دارد و هوای داغ و تنش خشکی باعث کاهش محصول می‌شود و دوره‌ی گل دهی آن ممکن است بیش از یک ماه طول بکشد و با توجه به اینکه نخود گیاهی است با رشد نامحدود غلافهای آن به طور همزمان به مرحله بلوغ نمی‌رسند، هنگامیکه دمای روز ۳۵ درجه سانتی گراد و دمای شب ۱۴ الی ۱۵ درجه سانتی گراد باشد این گیاه بهتر می رسد. رطوبت بالا و هوای ابری اثر نامطلوبی بر روی گل دهی و غلاف دهی آن داشته و مقدار مواد قابل ذخیره در بذر را کاهش می دهد. نخودگیاهی روز بلند است و عمل متقابل درجه حرارت و طول روز تاریخ گل دادن آن را تحت کنترل دارد. بین مقدار شاخه های فرعی گیاه و عملکرد گیاه رابطه مستقیم وجود دارد. تراکم بوته در واحد سطح، تعداد شاخه های فرعی گیاه و غلاف‌های آنرا تحت تاثیر قرار می دهد، با افزایش تراکم و دور شدن از تراکم مطلوب تعداد شاخه های فرعی گیاه در نتیجه غلاف‌های آنها کاهش می یابد از طرفی دیگر با کاهش تراکم و دور شدن از تراکم مطلوب نیز قادر به جبران کاهش محصول حتی با افزایش تولید بیشتر شاخه های فرعی نمی باشد. با بزرگ شدن غلاف معمولاً تعداد گل و تعداد غلاف در گیاه کاهش پیدا می کند. غلاف نخود با توجه به برداشتن کلروفیل و انجام عمل فتوسنتز در

مناطق خشک دارای اهمیت است ریشه های نخود قوی و انبوه هستند ومعمولاً ریشه های واریته های دیررس به مراتب از واریته های زودرس راست تر و انبوه تر هستند.

۲-۲-۶ خاک

این گیاه بر روی اکثر خاک‌ها مخصوصاً لوم‌هایی که به اندازه کافی دارای آهک هستند رشد می کند بافت‌های سنگین، رسی و مرطوب مناسب گیاه نیستند. استفاده صحیح از کود می تواند افزایش عملکرد نخود را باعث شود. این گیاه اکثراً برای افزایش محصول نیاز به کودهای فسفره پتاس دار و آهک دارد. آهک را بایستی قبل از کاشت استفاده کرد و بطور کامل آنرا با لایه شخم خاک مخلوط می کنند. بهتر است آنرا همراه با شخم پائیزه با خاک مخلوط کرد. هنگامی که نیاز به منیزیم باشد، سنگ آهک دولومیت، مصرف می شود زیرا دارای کلسیم و منیزیم می باشد. موقع کاشت نخود حدود ۲۰ کیلوگرم ازت در هکتار استفاده می شود واکنش نخود به فسفر متغیر است. جایی که آب عامل محدود کننده ای برای رشد گیاه باشد معمولاً گیاه به فسفر واکنش نشان می دهد حتی اگر خاک از نظر فسفر در دسترس گیاه، غنی باشد. نخود هنگامی که درخاک تنها ۲ میلی گرم در کیلوگرم فسفر قابل دسترس وجود داشته باشد، کمبودی نشان نمی دهد. برای دستیابی به حداکثر عملکرد نخود نیاز به مقدارکافی گوگرد است. بدون گوگرد نخود قادر به تثبیت ازت به میزان لازم نخواهد بود. پس از آزمایش خاک چنانچه مقدار گوگرد آن حدود ۱۰ میلی گرم در کیلوگرم باشد بایستی حدود ۲۰ الی ۳۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار مصرف نمود. از مصرف آن به شکل گرانول به علت کند آزاد شدن باید خودداری کرد. عنصر گوگرد باعث کاهش pH خاک می شود. واکنش نخود به روی بسیار کم است و در صورتیکه مقدار آن در خاک کمتر از ۰/۶ ppm باشد بایستی به مقدار ۵ کیلوگرم روی در هکتار مصرف نمود. در صورت کمبود منگنز نیز حدود ۱۰ کیلوگرم در هکتار استفاده می شود. چنانچه pH خاک کمتر از ۵/۵ باشد و یا نخود برای سومین سال در مزرعه کاشته شود ناچاراً باید مولیبدن مصرف کرد. نخود به شوری خاک بسیار حساس

است. جوانه زنی ضعیف در خاک‌های شور منجر به عدم یکنواختی در سبز شدن آن می شود. دانه‌های نخود در خاک‌های شور پروتئین کمتری داشته و درصد جوانه زنی کاهش می یابد.

۲-۲-۷ عملیات زراعی

۲-۲-۷-۱ کاشت

نخود در فاصله بین ماه‌های اسفند و اردیبهشت کاشته می شود. شخم خاک درصورتیکه زمین تحت فرسایش نباشد در پائیز انجام می شود، تا ضمن نرم کردن خاک امکان کاشت گیاه در بهار زودتر فراهم شود. عمق شخم خاک بایستی حدود ۱۰ الی ۱۲ سانتی متر باشد. برای کشت آن نیز به بستری فارغ از علف هرز و حاصلخیز نیاز می باشد. معمولاً بذر را در عمق ۲/۵ تا ۶ سانتی متر و در ردیف‌هایی با فاصله ۱۵ سانتی‌متر در ابتدای بهار هنگامی که دمای خاک کمتر از ۵ درجه سانتی گراد نباشد، کشت می‌کنند. کاشت آن معمولاً با یک بذر کار معمولی انجام پذیر است.

۲-۲-۷-۲ تناوب

نخود را در تناوب پس از ذرت قرار می دهند. ترتیب معمولی مورد استفاده ذرت، نخود، غلات دانه ریز و یک گیاه علوفه‌ای است. تناوبی که دارای سیب‌زمینی است برای نخود مفید نیست زیرا برای کنترل جرب Scab سیب زمینی نیاز به pH اسیدی است. بعد از انواع زودرس نخود گیاهی همچون لوبیا سبز یا سویا می کارند و به عبارتی سیستم کاشت مضاعف را به اجرا می گذارند این امر از بعضی لحاظ موفقیت آمیز است اما خطر آفات و بیماری را افزایش می دهد مخصوصاً از این نظر که این گیاهان به برخی از ارگانیسم‌های مشترک حساس هستند. کشت مداوم نخود باعث افزایش بیماری و مشکل حشرات می شود. لذا در یک مزرعه هر ۴ الی ۵ سال یکبار بایستی اقدام به کشت نخود کرد.

۲-۳ کودهای بیولوژیک

از زمانی که در کشاورزی علاوه بر واژه‌های تولید و افزایش بهره‌وری از گیاهان، واژه‌ی پایداری نیز اضافه شد، توجه دانشمندان به سوی مواد بیولوژیکی افزایش یافت. مفاهیم پایداری در اکوسیستم های کشاورزی شامل : ۱- خاک ۲- آب ۳- منابع انرژی تجدیدپذیر ۴- کیفیت محیط زیست هستند. کودهای شیمیایی به دلیل اتکای زیادی که به منابع انرژی تجدیدناپذیر دارند ، بر مبنای مفاهیم ذکر شده نمی‌باشند، لذا اتکا به این مواد در تولید پایدار با جایگزین کردن آنها با مواد دیگر کاهش می‌یابد (خاوازی، ۱۳۷۷).

در حال حاضر استفاده از بیوتکنولوژی خاک با هدف استفاده از پتانسیل ارگانیسم‌های مفید خاکزی به منظور تولید حداکثر محصول، در ضمن توجه به بهبود کیفیت خاک و رعایت بهداشت و ایمنی محیط زیست، مورد توجه قرارگرفته است. زمینه‌های کاربرد علم بیوتکنولوژیک خاک علاوه بر تولید کودهای بیولوژیک، شامل استفاده از ارگانیسم‌های خاکزی به منظور حذف سموم و سایر آلاینده‌های خاک، تجزیه سریع بازمانده‌های گیاهی، بهبود ساختمان فیزیکی خاک، اصلاح خاک‌های فرسوده، کمک به حفظ سلامت گیاه و موارد دیگری از این قبیل هستند (صالح راستین، ۱۳۷۷). به طورکلی محصولاتی شامل سلول‌های زنده از گونه‌های زنده از گونه‌های مختلف میکروارگانیسم‌ها که توانایی تبدیل عناصر غذایی از فرم غیر قابل جذب به فرم قابل جذب برای استفاده گیاهان را دارند، بعنوان کودهای بیولوژیک محسوب می‌شوند (وو و همکاران، ۲۰۰۵). نخستین کود میکروبی با نام تجاری نیتراژین در سال ۱۸۹۵ میلادی برای فروش عرضه شد و متعاقب آن تعدادی کودهای دیگر، حاوی باکتری‌های ازتوباکتر و فسفوباکتری‌ها تولید شدند که به دلیل همزمانی با تولید کودهای شیمیایی موفقیت چندانی بدست نیاورند (قلاوند و همکاران، ۱۳۸۵). سال‌ها بعد یعنی در سال‌های ۱۹۷۴-۱۹۷۳ به دلیل اوج گرفتن بهای نفت خام مجددا توجه به سمت استفاده از کودهای بیولوژیک معطوف شد. به طور معمول ارگانیسم‌های مورد استفاده برای

تولید کودهای بیولوژیک از خاک منشا می‌گیرند و در اغلب خاک‌ها حضور فعال دارند ولیکن در بسیاری از موارد، کمیت وکیفیت آنها در حد مطلوب نیست لذا استفاده از مایه تلقیح آنها ضرورت پیدا می‌کند. عواملی که موجب کاهش یا عدم وجود ارگانیسم‌های خاص در خاک‌های یک منطقه می‌شوند عبارتند از :

الف) تنش‌های محیطی بلند مدت مانند خشکی، آب ایستادگی، حرارت زیاد و یخبندان

ب) استفاده زیاد و مکرر از سموم شیمیایی به منطور مبارزه با بیماری‌ها و آفات گیاهی

پ) عدم حضور گیاه میزبان مناسب به مدت طولانی و یا وارد کردن گونه یا واریته خاصی از یک گیاه غیربومی (صالح راستین، ۱۳۸۷).

به طور کلی جمعیت میکروارگانیسم‌های خاک به شرایط محیطی، میزان دسترسی به عناصر غذایی، بافت خاک و پوشش گیاهی منطقه بستگی دارد (شانگ شینگ و همکاران، ۲۰۰۳).

۲-۳-۱ انواع کودهای بیولوژیک

مهم‌ترین کودهای بیولوژیک عبارتند از :

۱) کود بیولوژیک باکتریایی که با تثبیت ازت هوا از مهم ترین کودهای بیولوژیک محسوب می‌شود (آستارایی و کوچکی، ۱۳۷۵؛ سالاردینی، ۱۳۷۴؛ گار، ۲۰۰۶).

۲) کود بیولوژیک قارچ میکوریزایی که با ریشه بعضی از گیاهان ایجاد همزیستی کرده و از جنبه‌های مختلف اثرات مفیدی برای گیاه و نیز خاک دارد (اصغری و همکاران، ۲۰۰۵؛ گارسیا و همکاران، ۲۰۰۵؛ گراهام و میلر، ۲۰۰۵؛ عامریان ۱۳۸۳؛ ریلینگ و مرمری، ۲۰۰۶).

۳) میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات که می‌توانند فسفات نامحلول خاک را به فسفر محلول و قابل جذب گیاه تبدیل کنند (آستارایی و کوچکی، ۱۳۷۵؛ سالاردینی، ۱۳۷۴؛ آنلاین، ۲۰۰۷).

۴) کود بیولوژیک اکسیدکننده گوگرد یا کود تیوباسیلوس، کودی است که دارای باکتری تیوباسیلوس بوده و باعث اکسایش بیولوژیکی گوگرد می‌شود (سالاردینی، ۱۳۷۴).

۵) کود بیولوژیک ورمی کمپوست، نوعی کمپوست است که توسط گونه‌هایی از کرم های خاکی تولید می‌شود (آرزو و حکمتی، ۱۳۷۵؛ سیاح و نارونی، ۱۳۷۲).

۲-۳-۲ ریزوبیوم

ریزوبیوم‌ها به دلیل توان بی‌مانند خود در برقراری همزیستی با گیاهان خانواده لگومینوز و ایجاد سیستم‌هایی بسیار توانمند در تثبیت نیتروژن مولکولی، قادر به تامین قابل توجهی از نیاز نیتروژن اکوسیستم‌های زراعی، و استفاده از منابع گیاهی و حیوانی قابل تجدید و منابع بیولوژیک به جای منابع شیمیایی می‌توانند نقش مهمی در باروری و حفظ فعالیت‌های بیولوژیک خاک، افزایش کیفیت محصولات کشاورزی و سلامت اکوسیستم داشته باشند (زایدی و همکاران، ۲۰۰۳). باکتری‌های ریزوبیوم مهمترین میکروارگانیسم‌های موجود در خاک هستند که نسبت به سایر میکروارگانیسم‌های خاک نقش بیشتری در تثبیت ازت دارند و این فرآیند را طی همزیستی با ریشه گیاهان خانواده بقولات انجام می‌دهند (زهران، ۱۹۹۹).

۲-۳-۲-۱ تثبیت بیولوژیک نیتروژن

نیتروژن اصلی‌ترین عامل محدودکننده‌ی تولید محصولات زراعی است (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۸۴)، این عنصر نقش کلیدی در ساختمان بسیاری از ترکیبات موجود در سلول‌های گیاهی دارد و امروزه تاثیر مهم آن در تولید غذا شناخته شده است (کافی و همکاران، ۱۳۸۴). سیستم‌های کشاورزی برای جبران نیتروژن برداشت شده توسط محصول و یا هدر رفت آن از طریق فرآیندهایی مانند آبشویی نیترات، نیترات

زدایی و تصعید آمونیاک به ورود نیتروژن متکی هستند. بدون شک تثبیت بیولوژیک نیتروژن (BNF)[۲] بهترین و مهمترین راهی است که خاک به طور طبیعی از نیتروژن سرشار می‌شود. در طی این فرآیند بیولوژیک که توسط گونه‌های متعددی از میکروارگانیسم های 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 زیست محیطی ناشی از مصرف نامتعادل کودهای شیمیایی را به همراه ندارد. در این میان سیستم همزیستی لگوم- ریزوبیوم از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است زیرا ۵۰ درصد کل تثبیت نیتروژن را در سطح جهانی برعهده دارد و ارزش اقتصادی این مقدار نیتروژن را سالانه بالغ بر ۸۵ میلیارد دلار تخمین زده‌اند (پیپلز و همکاران، ۱۹۹۵).

۲-۳-۲-۲ همزیستی لگوم- ریزوبیوم

در سال‌های اخیر به دلیل توانایی های ذاتی با ارزش که در بسیاری از موجودات زنده خاک شناسایی شده، این موجودات میکروسکوپی مفید در کانون توجه محققین قرار گرفته‌اند. ریزوبیوم می‌تواند در خاک و در محیط ریشه گیاهان بقولات و همچنین غیر بقولات زندگی کند، از جمله فعالیت‌های مفید این باکتری‌ها می‌توان به تولید هورمون‌های محرک رشد گیاه بویژه اکسین‌ها IAA و ترکیبات مشابه آن توسط سویه‌های مختلف ریزوبیومی اشاره داشت. تولید سیدرفورها توسط ریزوبیوم‌ها در شرایط کمبود آهن قابل جذب، علاوه بر کنترل برخی بیماری‌های ریشه، می‌توانند در رفع کمبود آهن بعضی از گیاهان نیز موثر واقع شوند (کالدرون و همکاران، ۲۰۰۴).

[2]) Biological Nitrogen Fixation

ریزوبیوم‌ها از طریق آلوده سازی تارهای کشنده یا جراحات اپیدرمی، وارد سیستم ریشه‌ای گیاه شده و سلول‌های کورتکس ریشه را تحریک به تقسیم شدن و ایجاد گره می‌نمایند. در گره‌های ریشه‌ای، ریزوبیوم‌ها نیتروژن اتمسفری (N_2) را که برای گیاه قابل استفاده نبوده به فرم قابل استفاده گیاه (NH^+_4) تبدیل می‌نمایند که این فرآیند تثبیت بیولوژیک نیتروژن نام دارد (اسدی رحمانی و همکاران ،۱۳۸۶). باکتری‌های ریزوبیوم هتروتروف، هوازی، گرم منفی، بدون اسپور متحرک و میله‌ای هستند، زمانی که باکتری‌ها در درون گره‌های ریشه فعال هستند به آن باکتروئید گفته می‌شود. سلول‌های ریزوبیوم در فرم باکتروئید درشت تر از فرم رویشی هستند و حالت متورم دارند، اگر شرایط را به صورت میکرواتروفیل درآوریم برخی از انواع ریزوبیوم در حالت آزادزی عمل تثبیت انجام می‌دهند در این رابطه همزیستی دوطرفه هر دو موجود از آن بهرمند می‌شوند باکتری‌های ریزوبیوم مهمترین میکروارگانیسم‌های موجود در خاک هستند که نسبت به سایر میکروارگانیسم‌های خاک نقش بیشتری در تثبیت ازت دارند (زهران، ۱۹۹۹).

ریزوبیوم‌ها قادر به ترشح موادی هستند که می‌تواند ذرات خاک را به یکدیگر بچسباند و از این طریق در افزایش کیفیت ساختمان خاک موثر باشد. آنزیم دخیل در فعالیت تثبیت ازت در ریزوبیوم همان آنزیم نیتروژناز است که در ساختمان این آنزیم آهن، مولیبدن و گوگرد شرکت دارند لذا فراهم بودن این عناصر در خاک برای فعالیت این باکتری ضروری می‌باشد (معزاردلان و ثواقبی، ۱۳۸۱).

۲-۳-۲-۳ محدودیت های ریزوبیوم

محدودیت‌های محیطی زیادی برای رشد ریزوبیوم در خاک وجود دارد. در میان عوامل خاکی، دما، رطوبت، شوری و قلیائیت خاک مهم هستند. ریزوبیوم‌ها در دماهای ۲۵ تا ۳۵ درجه سانتی گراد به طور مطلوبی رشد می‌کنند، بررسی انجام شده نشان می‌دهد بعضی از انواع آنها در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد

در خاک خشک زنده می‌مانند. خاک‌های دارای رس با مواد آلی زیاد ممکن است نقش حفاظت کننده‌ای علیه اثرات شدید دمای بالا داشته باشند نتایج برخی گزارش‌ها نیز نشان می‌دهند که ریزوبیوم‌هایی که در خاک‌هایی با دمای بالا سازگار شده‌اند، قادرند حتی در دمای ۴۰ درجه سانتی گراد در محیط کشت آزمایشگاه رشد کنند. ریزوبیوم‌ها در صورتی که به خاک سترون تلقیح شده و خاک به تدریج خشک شود، می‌توانند تا ده‌ها روز زنده بمانند با این حال مدت بقا روی بذرهای تلقیح شده به مراتب کمتر است. در این ارتباط جمعیت ریزوبیوم‌ها روی بذر نخود ۴۸ ساعت پس از تلقیح در خاک لوم شنی که رطوبت آن در حد ۵۰٪ ظرفیت زراعی بوده، به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافته. شرایط غرقاب و همچنین خیس بودن خاک برای بقا ریزوبیوم مضر است و جمعیت ریزوبیوم نخود به شدت تحت تاثیر آن قرار می‌گیرد. این باکتری به سموم آفت کش، آنتی بیوتیک‌ها و سایر مواد شیمیایی کشاورزی حساس است. این باکتری می‌تواند در خاک خشک و در شرایط خشکی برای چندین سال به زندگی خود ادامه دهد. ریزوبیوم‌ها در مقایسه با بقولات مقاومت بیشتری به شوری نشان می‌دهند (آستارایی و کوچکی، ۱۳۷۵). تاثیر تنش شوری در دامنه pH قلیایی شدیدتر است و یون‌های کلر برای ریزوبیوم‌ها سمیت بیشتری دارند. بقای ریزوبیوم‌ها در خاک به شدت تحت تاثیر میکروب‌های آنتاگونیست قرار می‌گیرد. باکتری‌ها و قارچ های خاک می‌توانند نقش بازدارندگی یا تحریک کنندگی برای رشد ریزوبیوم‌ها در محیط کشت داشته باشند. به طور کلی بقای ریزوبیوم‌ها در خاک با بافت نرم بیشتر از خاک‌های با بافت درشت است (پارسا و باقری،۱۳۸۷).

۲-۳-۲-۴ مکانیسم عمل باکتری ریزوبیوم و تشکیل گره

تثبیت بیولوژیکی کاهش گاز نیتروژن اتمسفر به آمونیوم بر طبق معادله‌ی زیر :

$$N_2^{+} + 10H^{+} + 8e^{-} + 16\ ATP \longrightarrow 2NH_4^{+} + H_2^{+} + 16\ ADP + 16\ pi$$

این فرآیند نیازمند انرژی است که بوسیله‌ی نوکلئوزئید تری فسفات (ATP) تامین می‌شود و بعد از فتوسنتز دومین پروسه‌ی بیولوژیکی مهم می‌باشد (گراهام، ۲۰۰۱). همزیستی دو جانبه‌ی لگوم- ریزوبیوم نتیجه‌ی سه رخداد اصلی است : ۱) آلودگی داخل سلولی گیاه میزبان بوسیله‌ی همزیست میکروبی ۲) ارگانیزم‌های برآمده ۳) پروسه‌ی N_2 فیکس شده.

آلوده شدن ریشه گیاهان خانواده بقولات به باکتری‌ها شبیه به نوعی حمله بیماری زا بوده و تشکیل گرهک ها بر روی ریشه نتیجه واکنش های دفاعی تغییر شکل تورمی پوست ریشه می‌باشد در حقیقت بین گیاه میزبان و باکتری نوعی همزیستی دو جانبه به منظور انجام فعل و انفعالات متابولیسمی بوجود می‌آید. تشکیل گرهک بر روی ریشه‌های گیاهان لگوم ابتدا با هجوم باکتری‌های اولیه پیرامون تارهای کشنده ریشه آغاز می‌شود. ریشه‌های فعال گیاه میزبان از خود موادی مانند پروتئین، اسیدهای آمینه، ویتامین‌های معدنی مخصوصا تریپتوفان ترشح می‌کنند که رشد و تکثیر باکتری‌های گره‌زا را در فضای اطراف ریشه تحریک می‌کنند (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۸۴).

باکتری‌ها نیز به نوبه‌ی خود این ماده را به اکسین تبدیل می‌سازند و احتمالا اکسین موجب تاب خوردگی و زخم ریشه‌های مویین گیاه میزبان می‌شود، در قسمت تاب خورده ریشه و در محل ورود باکتری، گیاه میزبان به تولید ماده پروتئینی و قندی به نام لکتین می‌پردازد که برای هر نژاد باکتری دارای ویژگی‌های خاصی بوده. باکتری‌های گره‌زا اگر متعلق به گروهی باشند که سازگاری با گیاه میزبان داشته و بتوانند بر روی آن ریشه فعالیت کنند وارد قسمت تاب خورده ریشه مویین می‌شوند و با تولید رشته باریکی به نام رشته‌ی آلودگی (Infection thread) خود را به سلول‌های پارانشیمی پوست ریشه (کورتکس) می‌رسانند و باعث تورم این بافت شده، در نتیجه‌ی تورم یا برآمدگی گرهک ریشه (Nodule)

تشکیل شده. پیدایش گرهک مستلزم این اصل است که از یک سو باکتری قادر به آلوده کردن گیاه میزبان اختصاصی خود باشد و از سوی دیگر میزبان آماده پذیرش بوده و عوامل ضروری آلودگی را مهیا نماید. هر گرهک چهار منطقه دارد :کورتکس (پوست ریشه)، سیستم آوندی گرهک، مریستم و منطقه‌ی باکتروئیدی (قسمت مرکزی گرهک) که تثبیت نیتروژن در آن بخش صورت می‌گیرد همزمان با رشد سلول‌های گیاه میزبان سلول‌های باکتری در داخل سلول میزبان به سرعت تقسیم و رشد یافته و به شکل متورم (باکتروئید) در می‌آیند. تغییر شکل سلول‌های باکتری به باکتروئید منجر به تشکیل و سنتز ماده لگ هموگلوبین، آنزیم نیتروژناز و سایر آنزیم‌های لازم برای تثبیت نیتروژن می‌شود (مجنون حسینی، ۱۳۸۷). نقش لگ هموگلوبین ایجاد پیوند با اکسیژن که این اکسیژن ممکن است در طی تنفس برای تولید ATP مصرف شود به عبارت دیگر مقداری O_2 باید باشد تا باکتری بتواند تنفس کند و تولید انرژی مورد نیاز برای هر دو عمل یعنی بقا و تثبیت را داشته باشد. در حضور اکسیژن زیاد آنزیم نیتروژناز که برای انجام فرآیند تثبیت نیتروژن ضروری است غیر فعال خواهد شد و ماده‌ی لگ هموگلوبین مجددا با دور نگه داشتن اکسیژن از منطقه‌ی باکتروئید و آنزیم نیتروژناز فعالیت آن را ممکن می‌سازد. لگ هموگلوبین ناقل اکسیژن نیست بلکه با تغییر ظرفیت آهن موجود خود مانند یک ماده ناقل الکترون عمل می‌کند. ماده لگ هموگلوبین توسط سلولهای گیاه میزبان و منحصرا تحت تاثیر باکتری‌ها ترشح می‌شود. زمانی که این ماده تشکیل می‌شود گرهک فعال، صورتی یا قرمز رنگ می‌شوند، در غیاب این ماده گرهک‌ها ناتوان و غیر فعال هستند و این رنگیزه اکسید شده و به رنگ سبز تبدیل می‌شوند. در بسیاری از حبوبات ندول‌ها ظرف ۶ تا ۱۰ روز پس از تلقیح قابل مشاهده هستند. تثبیت N_2 به عنوان بهبود رشد گیاه و رنگ آمیزی ندول‌ها نشان می‌دهد که ظرف سه هفته این عملیات رخ می‌دهد (فیشر، ۲۰۰۲).

دو گونه از جنس مزوریزوبیوم: ۱) مزوریزوبیوم مدیترانیوم ۲) مزوریزوبیوم سیسری و ریزوبیوم لگومینوزاروم (الهادی و ال شیخ، ۱۹۹۹) در حال حاضر به عنوان همزیست‌های خاص از *Cicer arietinum* شناخته شده است.

۲-۳-۲-۵ اثر باکتری ریزوبیوم بر خصوصیات رشدی حبوبات

نخود از جمله‌ی گیاهان این خانواده است (لگوم) که پاسخ مثبتی به تلقیح با ریزوبیوم داده است. در طی آزمایشات مختلفی مشخص شده که تلقیح دانه‌های نخود با رایزوبیوم باعث افزایش گره‌زایی، جذب نیتروژن، رشد و عملکرد نخود می‌گردد. ال شیخ (۱۹۹۲) مشاهده کرد که تلقیح دانه‌های نخود با باکتری‌های ریزوبیوم باعث افزایش چشمگیر تعداد گره در گیاه، وزن خشک گره و عملکرد شده. توگای و همکاران (۲۰۰۸) در یک آزمایش مزرعه‌ای دو ساله، تاثیر باکتری رایزوبیوم را به همراه فسفر و گوگرد بر رشد گیاه نخود بررسی کردند، آنها گزارش کردند که باکتری ریزوبیوم باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع، تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد غلاف در بوته، تعدا دانه در غلاف، عملکرد دانه و بیولوژیک نخود گردید. این نتایج با نتایج بویان و همکاران (۲۰۰۱ و ۲۰۰۸) بر روی نخود، سوگات (۲۰۰۶) بر روی سویا، علی و همکاران (۲۰۰۸) بر روی لوبیا گلخانه‌ای، مطابقت دارد. افزایش عملکرد در حبوبات مختلف بعد از تلقیح با میکروارگانیسم‌های فیکس کننده نیتروژن گزارش شده (راج پوت و همکاران، ۱۹۹۳). این میکروارگانیسم‌ها نه تنها تثبیت نیتروژن را حمایت می‌کنند بلکه N خاک را به تنهایی یا با ترکیب با سایر میکروارگانیسم‌های حل کننده فسفات بهبود می‌دهند. الهادی و ال شیخ (۱۹۹۹) و سیوارمیه و همکاران (۲۰۰۷)، گزارش کردند که تلقیح با ریزوبیوم به طور معنی‌داری موجب افزایش وزن خشک اندام هوایی و عملکرد نخود می‌گردد. الماس زایدی و همکاران (۲۰۰۳) ، بیشترین عملکرد را در تیمار تلقیح با رایزوبیوم گزارش کردند. سید اختر و صدیقی (۲۰۰۸) گزارش کردند که کاربرد باکتری مناسب در نخود موجب افزایش معنی‌دار در وزن خشک اندام هوایی و عملکرد می‌شود. کاظمی و همکاران (۱۳۸۴) در بررسی

تاثیر تلقیح بذر با باکتری بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم سویا، گزارش کردند که تلقیح سبب افزایش معنی‌دار تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه و نهایتا عملکرد نهایی سویا گردید. میزان افزایش عملکرد دانه در شرایط تلقیح به طور میانگین نسبت به شاهد (عدم تلقیح) ۲۰ درصد بود. رومدهانه و همکاران (۲۰۰۹)، افزایش وزن خشک اندام هوایی و عملکرد دانه نخود را در اثر کاربرد سویه‌های مختلف باکتری ریزوبیوم مشاهده کردند. برای گیاهانی مانند لگوم‌ها که می‌توانند به اتکاء همزیستی با باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن مولکولی، بدون نیاز به مصرف کودهای شیمیایی بالاترین بازده محصول را داشته باشند، استفاده از این توان ذاتی، به لحاظ جنبه‌های مفید اقتصادی و زیست محیطی آن ضرورتی اجتناب ناپذیر به شمار می‌رود.

تلقیح همزمان باکتری برادی ریزوبیوم و قارچ‌های میکوریز آربوسکولار باعث جذب عناصر فسفر و پتاسیم در گیاه سویا می‌شود (شیرانی راد و همکاران، ۱۳۷۹). در تحقیقی که توسط دانشی و همکاران (۱۳۸۴) بر روی نخود انجام گرفته جذب عناصر غذایی از قبیل فسفر، پتاسیم در تیمارهای تلقیحی ریزوبیوم بیشتر از سایر تیمارها بوده و اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ در بین تیمارها مشاهده شد. به نظر می‌رسد باکتری‌های همزیست با افزایش سطح فعالیت سطح ریشه، جذب آنها را برای گیاه میزبان فراهم می‌آورند.

۲-۳-۳ قارچ‌های میکوریز آربوسکولار (AM)

در سال ۱۸۸۵ آلبرت برنارد فرانک (به گفته‌ی سیدیکویی و همکاران، ۲۰۰۸) در مطالعه‌ی خود از خاک، روی جمعیت میکروبی گیاه اصطلاح یونانی " میکوریز " که به معنای واقعی کلمه به معنی ریشه‌های قارچ هست را معرفی کرد که ریشه‌های قارچ نقش مهمی را در رشد گیاه، تسهیل در جذب فسفر، نیتروژن و کلسیم، توان مقاومت نسبت به بیماری، افزایش ریشه‌های مویین در افزایش جذب آب و

کارآیی بیشتر استفاده از آب، تشدید فعالیت تثبیت نیتروژن به دلیل بهبود تغذیه گیاه میزبان، افزایش در تولیدات هورمون‌های گیاهی و بهبود خصوصیات فیزیکی خاک و حفاظت و حاصلخیزی خاک ایفا می‌کنند، آنها رابطه‌ی همزیستی با بیش از ۸۰٪ گیاهان آوندی دارند و در طی این همزیستی مایکوریزا لیپیدها و کربوهیدراتهای خود را از ریشه گیاه میزبان بدست می‌آورد این تخصیص ذخایر کربنی به میکوریزاها باعث افزایش ۱۵ تا ۳۰ درصد وزن خشک ریشه‌های آلوده می‌شود (هارش و همکاران، ۲۰۰۶). آنها به هفت دسته تقسیم می‌شوند :۱) arbuscular۲) ectendo ۳) ecto ۴) arbutoid ۵) monotropoid ۶) ericoid ۷)orchidaceous

تلقیح ریشه ها توسط قارچ AM می‌تواند از سه منبع اصلی تلقیح در خاک بوجود آید : ۱) اسپور ۲) تکه های ریشه های آلوده ۳) هیف‌هایی که پروپاگول نامیده می‌شوند

این نوع همزیستی دو دسته است:

۱- اکتوتروفیک[3](خارجی): که در کاج‌ها و راش دیده می‌شود.

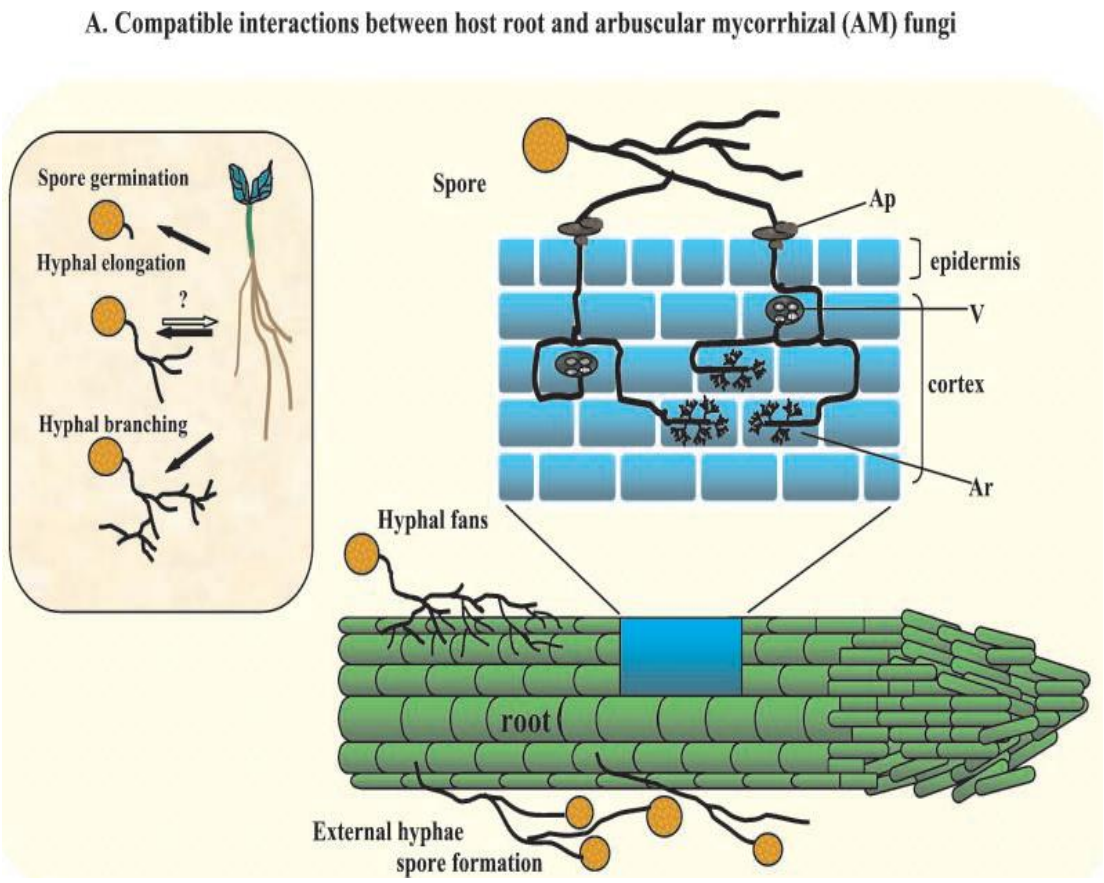
۲- اندوتروفیک[4] (داخلی): در اکثر گیاهان دیده می‌شود.

در همزیستی نوع خارجی (اکتو) ریسه‌های قارچ به داخل سلول وارد نمی‌شوند بلکه در فضای بین سلول‌های پوست ریشه شبکه‌ی متراکمی به نام شبکه هارتیگ (Hartig Net) برای مبادله متابولیت‌ها با گیاه میزبان به وجود می‌آورند. و در نوع داخلی (اندو) ریسه قارچ به داخل سلول میزبان نفوذ می‌کند ولی به پروتوپلاسم سلول حمله نمی‌کند، در ریشه‌های دارای همزیستی در منطقه کورتکس ریشه ساختار بسیار منشعب به نام آربوسکول دیده می‌شود. نقش آربوسکول‌ها افزایش سطح تماس ریسه با سلول به میزان ۲ تا ۳ برابر است (احمدی و همکاران، ۱۳۸۳؛ درو و همکاران، ۲۰۰۵).

---

[3])Ectomycorrhiza
[4])Endomycorrhiza

تماس هیف با ریشه معمولا با چسبندگی هیف به سطح ریشه و بعد از حدود ۲-۳ روز پس از تشکیل مناطق متورم است (شکل ۲-۱).



شکل ۲-۱. چگونگی همزیستی بین گیاه میزبان و آربوسکولار مایکوریزا

از فواید همزیستی میکوریزی می‌توان به موارد زیر اشاره کرد :

۱- افزایش جذب عناصر غذایی

۲- افزایش جذب آب

۳- تولید هورمون‌های محرک رشد گیاه مانند: اکسین‌ها و سایتوکنین‌ها و ....

۴- کمک به کاهش تنش‌های محیطی مانند: حرارت، شوری، آلودگی خاک به سموم یا فلزات سنگین

۵- افزایش مقاومت گیاه به عوامل بیماریزای ریشه، به طور مستقیم از طریق ایجاد یک مانع فیزیکی برروی ریشه(در مورد اکتومیکوریزاها) و یا تولید مواد ضد رشد پاتوژن‌ها مانند بعضی آنتی بیوتیک‌ها و به طور غیرمستقیم با بهبود بخشیدن به تغذیه گیاه و تسریع رشد آنها

۶- ایجاد خاک‌دانه های پایدار در مجاورت سیستم ریشه‌ای گیاه

۷- کاهش درصد از بین رفتن نهال‌ها در ضمن آسیب‌های ناشی از جابجایی

۸- تشدید فعالیت‌های تثبیت ازت توسط انواع دی آزوتروف‌های همزیست و همیار با گیاهان.

احتمالا به دلیل بهبود تغذیه گیاه میزبان امکان عرضه‌ی بیشتر مواد غذایی و به خصوص فسفر به این باکتری‌ها.

۹- ارتباط سینرژیستی با میکروارگانیسم‌های حل کننده فسفات‌های غیر قابل جذب برای گیاه

۱۰- کنترل بعضی از بیماری‌های گیاهی(صالح راستین، ۱۳۷۷؛ لی و زیووی، ۲۰۰۵؛ اوزید و همکاران، ۲۰۰۶؛ قلاوند و همکاران، ۱۳۸۵).

۱۱- کمک به کاهش تنش های محیطی

آربوسکولار مایکوریزا یک گروه کلیدی از جانداران پهنه‌ی خاکی را تشکیل می‌دهند و یک همکاری بزرگی را برای تولید محصولات کشاورزی و پایداری اکوسیستم‌ها در استراتژی های جدید تولیدات گیاهی بر عهده دارند.

۲-۳-۳-۱ میکوریز و رشد گیاه

بیش از ۸۰٪ گیاهان با مایکوریزا همزیستی دارند. در این فعل و انفعالات آربوسکولار ریشه‌های گیاه میزبان را کلونیزه می‌کند و رشد را توسعه می‌دهد (اسمیت و رید، ۲۰۰۸). در آزمایشات زیادی تلقیح با *Glomus* sp. در نخود رشد را نسبت به شاهد افزایش داد (سینگ و تیلک، ۱۹۸۹؛ آلوش و همکاران، ۲۰۰۰؛ زیدی و همکاران، ۲۰۰۳؛ اختر و سیدیکویی، ۲۰۰۷). افزایش رشد پس از کلونیزه شدن با AMF ممکن است منسوب به جذب بهتر مواد مغذی باشد. بعلاوه تاثیر مثبت همزیستی روی رشد گیاه میزبان می‌تواند از طریق تاثیر انتخابی روی جمعیت میکروبی درگیر در فعالیت‌های خاکی و حاصلخیزی خاک باشد. از شاخص‌های مهم فعالیت قارچ‌های میکوریزا، میزان کلونیزاسیون سیستم ریشه‌ای توسط این قارچ‌ها می‌باشد که به وسیله عوامل مختلفی از جمله خصوصیات ظاهری و ساختمانی سیستم ریشه‌ای، مقدار و کیفیت ترشحات ریشه‌ای، مصرف کودهای شیمیایی فسفر و غلظت‌های بالای عناصر سنگین تحت تاثیر قرار می‌گیرد (الکرکی و کلارک، ۱۹۹۸؛ گاویتو و میلر، ۱۹۹۸).

ارتاس و هریس (۱۹۹۶) اظهار داشتند که استفاده از قارچ میکوریز سرعت رشد گیاه را افزایش داده و بر تخصیص و انتقال عناصر غذایی بین ریشه و ساقه اثر گذاشته، به طوری که با افزایش جذب عناصر غذایی و انتقال آنها وزن خشک اندام هوایی افزایش یافت. الکرکی (۲۰۰۶) نیز گزارش کرد که تلقیح بذر در گوجه فرنگی با گلوموس موسه باعث افزایش ماده‌ی خشک ریشه، اندام هوایی و همچنین غلظت فسفر، پتاسیم، آهن، روی و مس شد. سنزار و همکاران (۲۰۰۶) اثر قارچ گلوموس اینترادیسه را بر نوعی عدس بررسی کردند نتایج تحقیقات نشان داد که قارچ میکوریز رشد گیاه را بهبود بخشیده بود. در گیاه نخود با تلقیح گلوموس موسه جذب فسفر، تعداد گره‌ها، وزن خشک ریشه، وزن خشک اندام هوایی و فعالیت نیتروژناز افزایش یافت (گارگ و چندل، ۲۰۱۱).

۲-۳-۳-۲ جذب آب و مواد مغذی توسط مایکوریزا

ریشه‌ی کلونیزه شده با MF رشد گیاه (الکرکی و الرداد، ۱۹۹۷)، جذب مواد مغذی و حمایت از گره‌ها را در دوران پیری گیاه (رویزلوزانو و همکاران ، ۲۰۰۱) تحت موقعیت‌های استرس بر عهده دارد. درگیری هیف‌های قارچی در انتقال آب به سمت ریشه‌ها و تاثیرات AM روی جذب آب بر روی ریشه می‌تواند بر مبنای افزایش جریان سیال و جریان‌هایی که وابسته به پتانسیل فشار بالای زایلم در بافت چوبی دارد شرح داده شود (اسانوبی و همکاران، ۱۹۹۱). کلونیزاسیون می‌تواند مقاومت هیدرولیکی آب را در سفره‌های زیرزمینی کاهش دهد. این تاثیرات می‌تواند سایز و انشعابات سیستم ریشه را بدون تغییر در بیوماس ریشه افزایش دهد (کوئ لامبو و همکاران، ۲۰۰۵). بعلاوه مایکوریزا ساختمان خاک را بوسیله‌ی پوشاندن ماده گلیکوپروتئینی لزجی به نام گلومالین که یک نقش کلیدی در تشکیل خاکدانه ها و خلق حفرات بزرگ برای رشد بهتر هیف‌ها دارد، بهبود می‌دهد. این حفرات اجازه می‌دهند که نفوذ آب و هوا به راحتی صورت بگیرد و همچنین به جلوگیری از فرسایش خاک کمک می‌کنند (پیوتروسکی و همکاران، ۲۰۰۴). نتایج تحقیقات بر روی گیاه میکوریزی و غیرمیکوریزی در شرایط تنش رطوبتی نشان داده است که هدایت هیدرولیکی سیستم ریشه‌ای گیاهان میکوریزی بوسیله افزایش هدایت هیدرولیکی خاک، افزایش نسبت تعرق،کاهش مقاومت روزنه‌ای بوسیله‌ی تغییر در تعادل هورمون‌های گیاهی بیشتر از گیاهان غیرمیکوریزی است. این تغییرات سبب بهبود تغذیه فسفر گیاهان میکوریزی تحت تنش خشکی می‌شود (ایلون، ۲۰۰۱). بدلیل غلظت بسیار کم این عنصر در محلول خاک و در نتیجه حرکت توده‌ای بسیار کند آن به سمت ریشه، این عنصر می‌بایستی از طریق فرآیند پخشیدگی در خاک به ریشه‌ی گیاه رسیده و جذب گردد. مکانیسم‌های جذب فسفر توسط همزیستی میکوریز آربوسکولار به صورت ۱) کاهش فاصله‌ی مکانی پخشیدگی فسفر تا رسیدن به سطوح جذب کننده ریشه به واسطه‌ی دانسیته‌ی بالاتر ریشه‌های میکوریزی ۲) وجود هیف‌های خارج ریشه‌ای (اسمیت و رید، ۱۹۹۷) صورت

می‌گیرد. توانایی این قارچ‌ها در استفاده از منابع فسفره موجود در ترکیبات آلی به واسطه فعالیت آنزیم‌های فسفاتاز اسیدی و قلیایی است. علاوه بر فسفر، نیتروژن جزء عناصری است که تحقیقات نشان داده گیاهان میکوریزی جذب آن را بالا برده‌اند (علیزاده، ۱۳۸۶). نیتروژن به دو فرم یون آمونیوم و نیترات قابل جذب است (اسمیت و رید، ۱۹۹۷). تفاوت بین گیاهان میکوریزی و غیرمیکوریزی از لحاظ غلظت آهن و کل آهن جذب شده نتیجه‌ی تاثیر مستقیم هیف قارچ‌های میکوریزی در جذب بیشتر آهن و انتقال آن به گیاه میزبان نمی‌باشد بلکه عوامل دیگری از قبیل تغییر شکل ظاهری ریشه به صورت غیرمستقیم در جذب آهن موثر می‌باشد، همچنین در ترشحات ریشه‌ی گیاهان میکوریزی ترکیباتی از قبیل اسیدهای آمینه و اسیدهای کربوکسیلیک شناسایی شده و این فرضیه مطرح شد که کمپلکس بوجود آمده بین این ترکیبات و عنصر روی منجر به افزایش سرعت پخشیدگی و جذب بیشتر این عنصر می‌شود (شارما و جوهری، ۲۰۰۲). این امر در اثر افزایش سطح ریشه و یا طول ریشه‌های میکوریزی می‌باشد. همچنین هدایت آبی در واحد طول ریشه ۲ تا ۳ برابر افزایش نشان می‌دهد (تروزا، ۲۰۰۳). قارچ میکوریز در ارتباط با وسعت افزایش جذب تک تک عناصر متفاوت است و وابسته به موقعیت آزمایش و وضعیت مواد مغذی در خاک و گونه‌های گیاهی و نوع کشت و یا تغییر شکل قارچ دارد. وابستگی لگوم‌ها و گونه‌های غله روی همزیستی میکوریزی در خاک متفاوت است (گمبر و همکاران، ۲۰۰۴). تفاوت در جذب مواد مغذی در لگوم‌ها و غلات می‌تواند نتیجه‌ی متفاوت پاسخ به کمبود مواد مغذی باشد. هیف‌های AM یک نقش قابل ملاحظه‌ای را در جذب نیتروژن در لگوم‌ها و جذب NH_4^+ و NO_3^- بازی می‌کند (آزکون و ال اترش، ۱۹۹۷)، که نتیجه‌ی آن می‌تواند افزایش ریزوبیای تثبیت کننده باشد که فسفر مورد نیاز این فرآیند توسط مایکوریزا حمایت شده. گیاهان میکوریزی نشان دادند که مقدار جذب پلی فسفات ها و فسفر را از منابع کم محلول از قبیل فسفات‌های آلومینیوم و آهن و سنگ فسفات افزایش می‌دهند که این امر احتمالا در نتیجه‌ی آزادسازی ارگانیک اسیدها و آنزیم های فسفاتاز و در بعضی موارد افزایش

حلالیت از طریق آزادسازی فسفر از کلسیم فسفات است. میکرو مغذی‌ها برای گیاهان ضروری هستند اما نیازشان پایین است، جذب Fe و یا افزایش غلظت آنها در گیاهان گندمی تلقیح شده با مایکوریزا مشاهده شده. اما لگوم‌های تلقیحی با مایکوریزا مشخصا تاثیری در جذب آهن و یا افزایش غلظت آن نداشتند. فزونی جذب روی، مس و آهن منجر به سمیت فلزات سنگین شده. در برخی موارد دیده شده که مایکوریزا از گیاه میزبان در مقابل جذب روی و آهن زیادی هنگامی که غلظت آنها در خاک زیاد است حفاظت می‌کند (لی تایف و همکاران،۲۰۰۷)، تغییر در جمعیت میکروبی ریزوسفر و ترشح کمتر ریشه در مقابل منگنز قابل حل احتمالا پاسخی برای جذب کمتر منگنز بوسیله‌ی گیاهان میکوریزی (پاستا و همکاران، ۱۹۹۴) می‌باشد اگرچه منگنز در خاکهای اسیدی قابل حل‌تر از خاکهای بازی است (کلارک و زتو،۱۹۹۶). جابه جایی روی و فسفر در AMF ممکنه مربوط شود، به نقش روی بعنوان یک شمارشگر یون پلی فسفات که در AMF فعال است (چریستی و همکاران، ۲۰۰۴). بعضی ژنهای در گیر در نقل و انتقال روی مولکولی، هم در مایکوریزا و هم در سیستم‌های گیاهی شناسایی شدند (کاواگنارو، ۲۰۰۸). هنگامی که سرعت افزوده شدن فسفر به خاک بالا باشد کاهشی در مقدار جذب روی در گیاهان کلونیزه شده با AMF ممکن است اتفاق بیفتد (بیو و همکاران، ۲۰۰۳؛ گان و همکاران، ۲۰۰۸).

قارچ مایکوریزا جذب عناصر دیگری مانند سولفور، بور، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، سدیم، روی، مس، منگنز، آهن، آلومنیوم و سیلسیم را نیز افزایش می‌دهد (کلارک و زتو، ۲۰۰۰) که این پدیده در محیط‌هایی که مواد معدنی مورد نیاز کم است، بسیار اهمیت دارد و به بقای گیاه کمک می‌کند. اثر قارچ میکوریز روی این عناصر می‌تواند مثبت، خنثی یا منفی باشد که به نوع خاک، گیاه میزبان و دیگر عوامل بستگی دارد. تا به حال گزارشی در مورد واکنش نخود به کلر، مس و آهن اعلام نشده است (کوچکی و بنایان اول، ۱۳۸۶).

۲-۳-۳-۳ اثر همزیستی مایکوریزا بر جذب فسفر توسط گیاه میزبان

فسفر یک ماکروالمنت ضروری برای رشد و متابولیسم گیاهان است و یک نقش مهم را در نقل و انتقال انرژی از طریق شکل گیری فسفات‌های استر دارد و همچنین یک ترکیب ضروری برای ماکرومولکول‌هایی از قبیل فسفولیپدها، نوکلئوتیدها و فسفات‌های شکری است (مارشنر، ۱۹۹۵). فسفات‌های غیرآلی زیادی که به عنوان یک حاصلخیزکننده به خاک اضافه می‌شوند به سرعت به شکل غیر قابل دسترس و یا با حلالیت کم درمی‌آیند. میکروارگانیسم‌های رایزوسفر توانایی گیاهان را برای جذب عناصر غذایی از خاک از طریق افزایش سامانه‌ی ریشه‌ای (بعنوان مثال با افزایش هیف قارچ) یا حلالیت عناصر ماکرو نظیر فسفر یا سولفور افزایش می‌دهند (باکیو و همکاران، ۲۰۰۷). همچنین حلالیت فسفر به وسیله‌ی رهایی اسیدهای آلی و آنزیم فسفاتاز انجام می‌شود (شنوی و کلگوی، ۲۰۰۵؛ کاید و کبیر، ۲۰۰۰؛ جونر و جوهانس، ۲۰۰۰). گیاهان میکوریزی در مقایسه با غیر میکوریزی فسفر بیشتری را هنگامی که فسفر محلول خاک پایین است جذب می‌نمایند زیرا سرعت جذب فسفر بوسیله‌ی رشد ریشه‌ها بیشتر از سرعت پخشیدگی فسفات‌هاست. دلیل رشد ریشه‌ی گیاه در منطقه‌ی کمبود فسفر، اختلاف بالای جذب فسفات توسط گیاه در خاکی که سرعت پخشیدگی فسفر پایینی دارد ذکر شده. بعلاوه میسیلیوم‌های قارچ آربوسکولار اطراف منطقه‌ی کاهش رشد می‌کنند. هنگامی که فسفر قابل دسترس خاک پایین است طول ریشه می‌تواند یک پیش بینی خوب برای توانایی فسفر قابل دسترس گیاه باشد (سیلر بوش و همکاران، ۱۹۸۳). در بعضی مدل ها ریشه‌های مویین بهم می‌پیوندند و بعنوان یک تغییر میکوریزی می‌توانند روی سایز ریشه، شکل و ساختارش موثر باشند. تاواریا و همکاران (۲۰۰۶) نشان دادند که ترشحات هیف‌های قارچ فسفر را بیشتر از ترشحات ریشه‌ای حل کرده و در اختیار گیاه قرار می‌دهد. در این زمینه مطالعات زیادی نشان داده که بین تراکم و طول هیف با حذب فسفر، بیوماس اندام هوایی گیاهان کلونیزه شده با میکوریز همبستگی مثبت وجود دارد (جکوبسن و همکاران، ۲۰۰۱).

در بعضی موارد افزایش هیف با رشد گیاه همبستگی مثبت ندارد (اسمیت و همکاران، ۲۰۰۴) و در برخی مواقع مخصوصا هنگامی که کود می‌دهیم مایکوریزا نقش کمتری در بهبود جذب فسفر دارد (ریان و آنگوس، ۲۰۰۳؛ ریان و همکاران، ۲۰۰۵).

۲-۳-۳-۴ قارچ مایکوریزا و هورمون‌های گیاهی

یکی از تفاوت‌های موثر قارچ AM و باکتری‌های خاک روی عملکرد گیاه تحریک پایداری سیستم‌های گیاهی و همچنین تاثیر روی هورمون‌های گیاهی است (وان ویز، ۲۰۰۸). قارچ میکوریز همچنین مقدار هورمون‌های گیاهی را که به طور وسیعی برای جاسمونیک اسید و آبسیزیک اسید بررسی شده تغییر می‌دهد (لودویگ مولر، ۲۰۰۰؛ هایسه و همکاران، ۲۰۰۷). هر دو هورمون برای انتشار همزیستی میکوریزی ضروری هستند (ایزاین کو و همکاران، ۲۰۰۵). بعلاوه در طبقه بندی هورمون‌های گیاهی، استریگولاکتون‌ها می‌توانند روی میکوریزی شدن گیاهان تاثیر بگذارند که خود موثر از میتوکندری‌های فعال هستند (آکی یاما و همکاران، ۲۰۰۵؛ آکی یاما و هایاشی، ۲۰۰۶؛ بسریر و همکاران، ۲۰۰۹). در شرایط کمبود مواد مغذی، ممکن است سطوح استریوگولاکتون‌ها که نتیجه‌ی آن کاهش انشعابات ساقه و افزایش میکوریزی شدن است افزایش یابد. جالب توجه است که در موقعیت‌های استرس، قارچ مایکوریزا می‌تواند روی فیزیولوژی گیاه تاثیر گذاشته و به گیاه میزبان کمک کند (میرانصاری و همکاران، ۲۰۰۸). این قبیل تغییرات می‌تواند از طریق فعالیت هورمون‌های گیاهی در گیاهان اعمال شود، برای مثال آرکو و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که بوسیله‌ی تغییر در فعالیت آبسزیک اسید درگیاه، قارچ مایکوریزا می‌تواند تاثیرات نامطلوب استرس را روی رشد گیاه کم کند. فعالیت‌های نامبرده بین قارچ AM و هورمون‌های گیاهی در فعالیت‌های نظم محلول‌های فلاکس در ارتباط با گیاهان و همچنین همزیستی میکوریزی نقش بزرگی را ایفا می‌کند. یک افزایش در

ایندول استیک اسید، ژیبرلین و سیتوکنین در تلقیح با گلوموس فازئولی با *Prosopis Juliflora* نیز مشاهده شده (سلوراج، ۱۹۹۸).

۲-۳-۳-۵ مایکوریزا و ریزوبیا

تشکیل مایکوریزا به منظور ارتقاء گره و تثبیت N_2 توسط حبوبات شناخته شده (سوبان و همکاران، ۱۹۸۶). مایکوریزا و ریزوبیا اغلب در سرعت آلودگی، تغذیه‌ی معدنی و رشد گیاه رابطه‌ی سینرژیستی دارند (گوی، ۱۹۹۲). اثر مثبت قارچ بر روی گیاه در جذب فسفر مفید است که برای عملکرد بهتر آنزیم نیتروژناز که در ریزوبیا وجود دارد و منجر به تثبیت N_2 می‌شود نیاز است (ایبیجان، ۱۹۹۶). اختر و سیدیکویی (۲۰۰۷) بیان کردند مایکوریزا آسیب اکسیداتیو را که گره‌ها به آن حساس هستند کاهش می‌دهد. از آنجا که تقاضای فسفر برای تشکیل گره بالاست، واضح است که از مزایای بزرگ در همزیستی ریزوبیوم باید فسفر حمایت شود با این حال سایر مواد مغذی از قبیل مس، روی، مولیبدن و کلسیم و غیره می‌تواند بر روی عفونت و همزیستی ریزوبیوم تاثیر بگذارد. بنابراین جذب بیشتر این عناصر در تعاملات مثبت این همزیستی نقش دارند. قارچ‌ها نیاز بالایی به نیتروژن برای سنتز کیتین که ماده‌ی تشکیل دهنده‌ی اصلی از سلول‌های دیواره است (داپیونز، ۲۰۰۸) دارند بنابراین گره و تشکیل AM به نظر می‌رسد دو طرفه باشد.

بیانیستو 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 میکوریز را به وسیله‌ی تولید پلی‌ساکاریدها افزایش می‌دهد که منجر به سنتز آنزیم پلی گالاکتوروناز در محل آلودگی می‌شود، بدین ترتیب تسهیل نفوذپذیری قارچ میکوریزی به سلول‌های ریشه بهتر امکان پذیر می‌گردد (تلت و عبداله، ۲۰۰۸).

۲-۳-۴ سولفات آهن

گوگرد یک عنصر ضروری و پر مصرف برای گیاهان است که کمبود آن بندرت در خاک مشاهده می شود در ربع قرن گذشته گزارش بروز کمبود گوگرد در گیاهان در قسمت‌های مختلف دنیا، هم در نواحی مرطوب و هم خشک بیشتر به چشم می‌خورد. شاید علت این تغییر برداشت مرتب گوگرد از خاک و مقدار ماده‌ی آلی پایین خاک و فرسایش خاک باعث عرضه نکردن مقدار کافی از این عنصر شود. گوگرد بدلیل ظرفیت اکسیده شدن و تولید اسید سولفوریک، پتانسیل لازم را برای کاهش pH خاک حداقل در مقیاس کوچک اطراف ذرات خود دارا بوده و بنابراین می‌تواند بخصوص در منطقه ریزوسفر در انحلال ترکیبات غذایی نامحلول و آزاد شدن عناصر ضروری موثر واقع شود (بشارتی و صالح راستین، ۱۹۹۹). نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که کمبود گوگرد به میزان متوسط عملکرد را از طریق تاثیر بر رشد گیاه در دوره‌ی پر شدن دانه، کاهش می‌دهد (فلاویو و همکاران، ۲۰۰۷). این تاثیر دیر هنگام از کمبود گوگرد می‌تواند نتیجه تحرک زیاد گوگرد در خاک و انتقال مجدد اندک گوگرد در گیاه باشد. لذا فراهمی گوگرد در گیاه می‌تواند بر پر شدن دانه و افزایش عملکرد اقتصادی آن تاثیرگذار باشد. طی تحقیقاتی در یک آزمایش مزرعه‌ای بر روی نخود با استفاده از منابع مختلف گوگرد نشان دادند که جذب فسفر با افزایش مقدار گوگرد افزایش می‌یابد (کاچها و همکاران، ۱۹۹۷). در مطالعه‌ای که در آزمایش گلخانه‌ای و مزرعه‌ای در خاک های آهکی انجام شد پی بردند که مصرف گوگرد، عملکرد محصول و نیز مقدار آهن، روی، منگنز و فسفر جذب شده توسط سورگوم را افزایش داد (کاپلان و ارمان، ۱۹۹۸). به منظور بررسی تاثیر گوگرد بر جذب آهن، روی و منگنز بوسیله‌ی سه گیاه ذرت، سورگوم و سویا در یک خاک آهکی مقادیر(۰-۱۰۰-۲۰۰-۴۰۰) کیلوگرم در هکتارگوگرد پودری را قبل کشت به خاک اضافه کردند میزان آهن، منگنز و روی جذب شده توسط گیاهان نسبت به شاهد افزایش معنی داری نشان داد (کلباسی و همکاران، ۱۹۹۸).

افت محصول در لگوم‌ها فقط به کمبود عناصر غذایی پرمصرف مانند فسفر، پتاسیم و گوگرد اختصاص ندارد، بلکه عناصر ریز مغذی چون آهن، مولیبدن، بور و غیره را نیز شامل می‌شود (لانیون و گریف، ۱۹۸۸). قابلیت دسترسی به عناصر غذایی از جمله آهن نیز یکی از نیازهای اساسی ریزوبیوم بر شرایط خاک است. نیاز گیاهان معمولا از یون فرو یا از آهن پپوند شده با مواد آلی قابل جذب، تامین می‌شود و لازمه‌ی وجود چنین ترکیبات قابل استفاده در خاک، فعالیت گروه‌های مختلف موجودات ذره‌بینی است این موجودات در تغییر ظرفیت آهن و تبدیل حالت‌های مختلف آن نقش دارند.آهن برای ساخت کلروفیل و لگ هموگلوبین ضروری است و در بسیاری از فرآیندهای بیوشیمیایی به عنوان ناقل الکترون دخالت دارد (اسمیت، ۱۹۸۲). پروتئین‌های حاوی آهن مانند سیستم آنزیمی نیتروژناز و لگ هموگلوبین برای کارآیی موثر همزیستی بین لگوم و ریزوبیوم بسیار ضروری می‌باشند. لگ هموگلوبین در سلول‌های گیاهی آلوده به ریزوبیوم ممکن است ۲۵ تا ۳۰ درصد از کل پروتئین‌ها و نیتروژناز ۱۰ تا ۱۲ درصد از کل پروتئین باکتری‌ها را شامل شوند. سنتز این پروتئین‌ها نیاز به وجود مقادیر زیادی از آهن در گیاه میزبان است که این نیاز اکنون برای بسیاری از لگوم‌ها ثابت شده است. کمبود آهن در لگوم‌ها باعث کاهش نمو گره، کاهش تشکیل گره میزبان و میزان تثبیت ازت آنها می‌شود (گیل و ویلسون، ۱۹۹۱). بر اثر کمبود آهن اندازه کلروپلاست کاهش یافته و گیاه کوتاه باقی می‌ماند (سومر، ۱۹۹۵)، در نتیجه باعث به تعویق افتادن گلدهی و پایین آمدن عملکرد می‌شود.

در بررسی اثر ژنوتیپ گیاه در نشان دادن کمبود آهن در خاک های آهکی به این نتیجه رسیدند که علاوه بر ژنوتیپ، عواملی از قبیل نوع خاک، محیط اطراف گیاه، برنامه های اصلاح گیاهان و بسیار مهم‌تر وجود یون هیدروژن در فاز یونی خاک بر روی کمبود آهن در گیاه موثر است (جولی و همکاران، ۱۹۹۹). با تامین کود سولفات آهن برای لوبیا گزارش شد که حضور آهن تشکیل گره و میزان تثبیت بیولوژیکی نیتروزن را افزایش می‌دهد (هارا و همکاران، ۱۹۸۸). آهن همچنین از طریق تنظیم ژن nif (ژن مربوط به

سنتز آنزیم نیتروژنار) می‌تواند عملکرد گره و نهایتا عملکرد عناصر غذایی موجود در بذر را تحت تاثیر قرار دهد (اسمیت، ۱۹۸۲).

بلالی و همکاران (۲۰۰۱) نیز نشان دادند که اگر هدف از کوددهی افزایش عملکرد دانه باشد کاربرد خاکی سولفات منیزیم مناسب‌ترین روش است. علت افزایش عملکرد دانه می‌تواند قابلیت کود سولفات منیزیم جهت افزایش سطوح منیزیم در گیاه تا یک حد مناسب برای رشد مطلوب و همچنین تاثیر کود بر میکروارگانیسم‌های خاک باشد (فاجهمیلین و همکاران، ۲۰۰۸). تاثیر پیش تیمار خاک کاربرد بر عملکرد دانه در مقایسه با روش محلول پاشی ممکن است به این علت باشد که محلول پاشی برای تغذیه گیاه کافی نیست زیرا سطح برگ‌ها ناچیز می‌باشد و همچنین جذب از برگ‌ها ناچیز می‌باشد و همچنین جذب از برگ‌ها بیشتر از قسمت زیر برگ انجام می‌گیرد و روزنه‌ها بیشتر در سطح زیرین برگ‌ها قرار دارند (زرین کفش، ۱۹۹۲). اگرچه محلول پاشی بر روی برگ و اندام‌های گیاهی، امروزه کاربردی فراگیر یافته است و در صورت بروز کمبود عنصر در گیاه، این مشکل با محلول پاشی سریعا قابل برطرف کردن است، اما جذب مواد غذایی به صورت یون از برگ‌ها محدود است، لیکن گیاهان نمی‌توانند نیاز خود را منحصرا از این راه برطرف نمایند. بنابراین محلول پاشی می‌تواند بعنوان مکمل روش خاک کاربرد دارد. اگرچه بازده واحد مواد غذایی که به صورت محلول به روی گیاه پاشیده می‌شود، بیش از بازده مصرف همان مقدار از طریق خاک است.

فصل سوم

مواد و روش‌ها

۳-۱ موقعیت محل و زمان اجرای آزمایش

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۰ در مزرعه‌ای واقع در ۵ کیلومتری شهر سبزوار یکی از شهرستان‌های استان خراسان رضوی که طول و عرض جغرافیایی آن ۵۷/۳۷ و ۳۶/۱۳ درجه است انجام شد. میانگین ارتفاع از سطح دریا ۹۷۷/۶ متر و مساحت ۱۹۵۰۰ کیلومتر می‌باشد. بر اساس تقسیم بندی‌های اقلیمی منطقه سبزوار دارای آب و هوای اقلیمی گرم و خشک است. میانگین بارش سالانه ۱۸۸/۶ میلی متر و میانگین دمای سالانه ۱۷/۱درجه‌ی سانتی گراد است. سردترین دمای سال ۲۰- درجه که در فصل دی و بهمن می‌باشد و گرم‌ترین دمای سال از اواخر خرداد تا اواخر مرداد با ۴۵/۵ درجه به طول می‌باشد.

۳-۲ خصوصیات خاک محل اجرای آزمایش

نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه در عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری در جدول ۳-۱ نشان داده شده است.

۳-۳ طرح آماری و تیمارهای بکار رفته در آزمایش

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با۳ تکرار اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل : قارچ میکوریزا در سه سطح شامل m_1(*Glomus mosseae*)، (*Glomus intraradices* m_2) و m_0 (عدم تلقیح) باکتری مزوریزوبیوم سیسری b_1 (*mesorhizobium ciceri*) و b_0 (عدم تلقیح) و کود سولفات آهن در سطح k_0 , k_1 , k_2 به ترتیب شامل ۰، ۴۰، ۸۰ کیلوگرم در هکتار بود. کرت‌ها به ابعاد ۲×۴ متر و دارای ۳ خط کاشت، فاصله‌ی بین خطوط کشت ۶۰ سانتی‌متر و فاصله‌ی کشت روی خطوط ۲۰ سانتی‌متر، بین هر کرت تا کرت بعدی ۶۰ سانتی‌متر و فاصله‌ی بین دو تکرار از یکدیگر ۱ متر در نظر گرفته شد (شکل ۳-۱).

جدول ۳-۱. آنالیز نمونه‌ی خاک مزرعه

پارامتر	مقدار
عمق (cm)	۰ - ۳۰
ازت کل (درصد)	۰/۰۷
فسفر قابل جذب (میلی گرم بر کیلوگرم)	۱۵
پتاسیم کل (میلی گرم بر کیلوگرم)	۱۴۰
سولفات قابل جذب خاک (میلی اکی والان برلیتر)	۴/۲
رس (درصد)	۹/۸
لای (درصد)	۳۱/۴
شن (درصد)	۵۸/۸
هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	۴/۲
اسیدیته گل اشباع	۷/۸
ماده‌ی آلی (درصد)	۰/۸۷
آهک (درصد)	۱۶/۲۵

شکل ۳-۱. نقشه کشت

بلوک اول

۱۸	b0m1K2
۱۷	b1m2K2
۱۶	b1m0K1
۱۵	b1m2K0
۱۴	b0m2K1
۱۳	b1m0K0
۱۲	b0m0K0
۱۱	b0m0K1
۱۰	b0m2K2
۹	b1m1K2
۸	b1m1K1
۷	b1m1K0
۶	b0m1K1
۵	b0m1K0
۴	b0m0K2
۳	b0m2K0
۲	b1m2K1
۱	b1m0K2

فاصله‌ی یک متری بین تکرارها

بلوک دوم

۱۸	b0m0k0
۱۷	b0m0k2
۱۶	b0m0k1
۱۵	b0m1k0
۱۴	b0m1k1
۱۳	b0m1k2
۱۲	b1m1k2
۱۱	b1m1k1
۱۰	b1Bm1k
۹	b1m0k0
۸	b1m0k2
۷	b0m2K0
۶	b1m0K1
۵	b0m2K1
۴	b0m2K2
۳	b1m2K2
۲	b1m2K0
۱	b1m2K1

بلوک سوم

۱۸	b1m2K1
۱۷	b1m2K0
۱۶	b1m2K0
۱۵	b0m2K2
۱۴	b0m2K1
۱۳	b1m0K1
۱۲	b0m2K0
۱۱	b1m0K2
۱۰	b1m0K0
۹	b1m1K0
۸	b1m1K1
۷	b1m1K2
۶	b0m1K2
۵	b0m1K1
۴	b0m1K1
۳	b1m2K2
۲	b0m0K2
۱	b0m0K0

۳-۴ عملیات آماده سازی زمین

در بهار یک شخم عمیق زده شد. سپس با فاروئرها جوی و پشته‌هایی به عمق ۲۰ سانتی‌متر ایجاد شد. ابعاد کرت‌ها ۴ * ۲ متر ایجاد گردید و محل تیمارهای موردنظر به صورت تصادفی مشخص شد، کاشت بذرها در هر دو طرف پشته‌ها با فاصله‌ی ۱۵ سانتی‌متر انجام شد، فاصله‌ی بین کرت‌ها ۶۰ سانتی‌متر و فاصله‌ی بین بلوک‌ها ۱ متر در نظر گرفته شد.

۳-۴-۱ عملیات کاشت

کاشت بذور نخود معمولی مورد استفاده در این آزمایش با روش دستی در ۲۸ فروردین ۱۳۹۰ انجام گرفت، فاصله‌ی بین بذرها ۱۵ سانتی متر و عمق کاشت ۳-۴ سانتی متر در نظر گرفته شد.

۳-۴-۲ عملیات داشت

اولین آبیاری بلافاصله بعد از کاشت و بعد از آن ۱۰ روز یکبار بصورت جداگانه برای هر کرت به روش نشتی انجام گرفت. مبارزه با علف‌های هرز توسط وجین دستی در یک نوبت صورت گرفت و جهت مبارزه با کرم غلاف‌خوار نخود ، دو مرحله سم پاشی با سوین به مقدار ۱ الی ۲ لیتر در هزار انجام شد.

۳-۴-۳ عملیات برداشت

زمان برداشت نخود پایان مرحله‌ی رسیدگی می‌باشد. در این بررسی برداشت از مزرعه در ۵۰ درصد رسیدگی گیاهان با رعایت اثرحاشیه از یک متر مربع نمونه برداری صورت گرفت. سپس نمونه‌ها به آزمایشگاه منتقل شدند.

۳-۵ تلقیح ریزوبیوم

مایه تلقیح باکتری، *Mesorhizobium ciceri* بود که از شرکت فرآوری شیمیایی زنجان به میزان ۱ کیلو گرم باکتری برای ۲۰ کیلو بذر نخود در هکتار در نظرگرفته شد. قبل از کاشت، عمل تلقیح در تیمارهای تلقیحی انجام گرفت. در این روش ابتدا بذرها باماده‌ی تلقیحی مخلوط گردید و بعد از خشک شدن نسبی مواد تلقیحی سطح بذور در سایه، بذرها سریعا کشت شدند.

۳-۶ تلقیح با میکوریز

مایه تلقیح‌های قارچی به نام های، *Glomus intraradices* , *Glomus mosseae* از شرکت زیست فناور توران شاهرود تهیه گردید. این مایه تلقیحی 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 درون حفره‌هایی که برای کاشت بذر ایجاد شده بودند ریخته شد، سپس روی این مایه تلقیح مقداری خاک اضافه و ۲-۳ بذر روی آن قرار داده شد و در نهایت بذرها با خاک پوشانده شدند.

۳-۷ کود سولفات آهن

کود سولفات آهن در سه سطح ۰، ۴۰، ۸۰ کیلوگرم در هکتار هنگامی که ۵۰٪ مزرعه به گل رفت داده شد. کود به همراه آب آبیاری طبق مقادیر معین برای هر تیمار در کرت‌های مورد نظر استفاده شد.

۳-۸ نمونه برداری‌ها در طی فصل رشد

برای مطالعه و بررسی خصوصیات رشدی نخود در طی فصل رشد اقدام به ۲ مرحله نمونه برداری شد. در مرحله‌ی گلدهی (۱۳۹۰/۰۳/۱۴) و مرحله‌ی رسیدگی (۱۳۹۰/۰۴/۱۰) به تعداد ۳ بوته با احتساب حاشیه از ابتدا و انتهای کرت، به طور تصادفی انتخاب شد. بوته‌ها از سطح خاک و از ناحیه‌ی طوقه قطع و توسط پاکت‌های مخصوص نمونه‌برداری به آزمایشگاه منتقل و در آنجا درون آون با دمای ۷۲ درجه‌ی

سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شدند. صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌ی فرعی، کلروفیل برگ، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، و عملکرد دانه اندازه گیری شد. شایان ذکر است که برای اندازه-گیری عملکرد دانه، از مساحت ۲ متر مربع استفاده شد.

۳-۸-۱ نمونه برداری از خاک

پس از برداشت محصول از عمق ۰ تا ۳۰ سانتیمتری از اطراف ریشه‌ی گیاه نمونه‌برداری شد. نمونه‌ها در هوا خشک شده و با چکش چوبی خرد و از الک ۲ میلی متری برای شناسایی ویژگی‌های فسفر و سولفات قابل جذب و pH گذرانده شدند.

۳-۹ اندازه‌گیری کلروفیل

اندازه‌گیری کلروفیل در مرحله‌ی گلدهی انجام شد.در هر کرت تعداد ۳ بوته متوالی در هر خط به عنوان معیار کرت انتخاب شد. اندازه‌گیری از تعداد ۳ برگ از هر بوته انتخاب شد و کلروفیل آن‌ها توسط دستگاه SPAD502 تعیین و میانگین آن‌ها محاسبه شد.

۳-۱۰ تعیین مقدار فسفر قابل جذب خاک

برای تعیین مقدار فسفر قابل جذب خاک، بعد از برداشت نهایی مقداری از خاک اطراف ریشه را تا عمق نفوذ ریشه (۰-۳۰ سانتی متر) داخل پاکت نمونه‌برداری ریخته شد و به آزمایشگاه منتقل گردید. یک گرم از نمونه خاک وزن و در لوله‌های آزمایش ریخته شد نمونه با محلول بیکربنات سدیم در$pH=8.5$ عصاره‌گیری شد. این روش در خاک‌های آهکی، قلیایی و خنثی قابل استفاده می‌باشد. غلظت کلسیم در عصاره با رسوب کلسیم کاهش و در نتیجه غلظت فسفر در محلول افزایش می‌یابد. سپس به روش اولسن (۱۹۴۵) میزان فسفر قابل جذب خاک اندازه‌گیری شد.

۳-۱۱ تعیین مقدار سولفات قابل جذب خاک

نمونه‌ها به آزمایشگاه میکروشیمی دامغان فرستاده شد و با دستگاه ICP[۵] اندازه‌گیری شد.

۳-۱۲ تعیین میزان عناصر بذر

غلظت عناصر آهن، گوگرد، نیتروژن، روی، فسفر در بذر با دستگاه ICP (مدل GBC Integra XL sequential ساخت کشور استرالیا) تعیین گردید. به منظور عمل هضم، ۰/۵ گرم از نمونه خوب پودر شده در کروزه پلاتینی یا از جنس نیکل ریخته و درکوره شیب‌دار قرار گرفت. دمای کوره به تدریج (۵ درجه در دقیقه) افزایش یافت تا به ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد رسید. پس از خارج کردن نمونه به آن ۱۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۲۰ درصد اضافه گردید و نمونه درون حمام بخار قرار گرفت تا مایع تبخیر گردد. سپس با کاغذ صافی واتمن ۴۲ صاف شد. در مرحله بعد با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد و با دستگاه ICP قرائت گردید. اساس اندازه‌گیری این دستگاه روش نشری است. در این روش جریانی از گاز آرگون توسط یک میدان مغناطیسی با فرکانس رادیویی بالا یونیزه می‌شود و حرارتی نزدیک به ۱۰۰۰۰ درجه کلوین تولید می‌کند. نمونه توسط یک نبولایزر به داخل پلاسمای آرگون پاشیده می‌شود و در دمای بالا تبدیل به ذرات اتمی (یونی) می‌شود و ایجاد نشر می‌کند. میزان نشر عناصر مورد نظر توسط دستگاه آشکارساز اندازه‌گیری شده و در نهایت این عدد بر اساس قانون بیر-لامبرت (رابطه ۳-۱) به غلظت تبدیل می‌شود.

$$\text{Log}\ (I0 / I) = A$$ رابطه (۳-۱)

که در آن I0 شدت نور اولیه، I شدت نور عبوری و A مقدار جذب ماده است.

۵-Inductively Coupled Plasma

۳-۱۳ پروتئین دانه

اندازه‌گیری مقدار پروتئین موجود در دانه به روش کجلدال[۶] انجام شد. برای مرحله هضم کجلدال از اجاق هضم کننده از شرکت Gerhardt و برای مرحله تقطیر از دستگاه Vapodest 30 از همان شرکت استفاده شد. مرحله تیتراسیون نیز به صورت دستی انجام گرفت.

برای انجام عمل هضم مقدار ۰/۵ گرم از نمونه پودر شده درون تیوپ‌های دستگاه ریخته شد و مقدار ۸ گرم کاتالیزور (شامل ۹۶ گرم سولفات سدیم یا پتاسیم و ۴ گرم سولفات مس) به هر تیوپ اضافه گردید. سپس ۲۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۹۸ درصد افزوده شد و تیوپ‌ها درون اجاق مخصوص قرار داده شدند. گازهای سمی در اسکروبر متصل به دستگاه هضم جمع‌آوری و خنثی شد. عمل هضم در دمای ۲۵۰ درجه سانتی گراد به مدت ۳۰ دقیقه و در دمای ۳۸۰ درجه سانتی گراد به مدت ۹۰ دقیقه ادامه داشت. پایان عمل هضم با استحصال محلولی نسبتا زلال به رنگ سبز بسیار کمرنگ مشخص شد. در کنار نمونه های مورد آزمایش، دو تیوپ شاهد نیز که حاوی ۲۰ میلی لیتر اسید سولفوریک و ۸ گرم کاتالیزور بود، در دستگاه قرار داده شد. بعد از سرد شدن نمونه‌ها، آن‌ها در دستگاه تقطیر قرار گرفتند.

طی مرحله تقطیر نیتروژن موجود در نمونه به صورت گاز آمونیاک (NH_3) متصاعد شده و به ارلن جمع‌آوری کننده حاوی ۶۰ میلی لیتر اسید بوریک ۲ درصد به همراه ۳ تا ۵ قطره معرف (تشکیل شده از ۱۰۰ میلی‌لیتر بروموکروزول سبز و ۷۰ میلی‌لیتر متیل قرمز) منتقل شده و محلول حاوی نمونه به قهوه‌ای سوخته تغییر رنگ داد. در ارلن مذکور گاز آمونیاک به همراه اسید بوریک، بورات آمونیوم را تشکیل داده که معرف‌های موجود در محلول دریافت‌کننده، آن‌را به صورت رنگ سبز نمایان ساخت. و در نهایت عمل تیتراسیون به صورت دستی صورت گرفت. طی این عمل بورات آمونیوم حاصل، توسط مقدار

---

[۶]. kjeldahl

کافی از محلول تیتریزول اسیدکلریدریک ۰/۱ نرمال تا رسیدن به رنگ ارغوانی تیره تیتر شد. بر اساس اسید کلریدریک مصرف شده در تیتراسیون دستی، مقدار نیتروژن موجود در نمونه مشخص گردید. اندازه‌گیری مقدار پروتئین موجود در دانه از رابطه‌ی زیر بدست آمد.

(رابطه ۳-۲) (۶/۲۵) × درصد نیتروژن نمونه = درصد پروتئین نمونه

۳-۱۴ تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

تجزیه و تحلیل آماری داده‌های آزمایش با استفاده از نرم افزار MSTATC ,SAS انجام شد. برای رسم شکل‌ها از نرم افزار EXCEL و مقایسه‌ی میانگین‌ها با آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) و در سطح احتمال ۵ و ۱درصد انجام گرفت.

فصل چهارم

نتایج و بحث

۴-۱ عملکرد و اجزای آن

۴-۱-۱ ارتفاع بوته

در بررسی نتایج حاصل از جدول۴-۱ مشخص شد که، تلقیح با باکتری اثر معنی‌داری بر میزان ارتفاع نداشت در حالی که استفاده از میکوریز و سولفات آهن در سطح ۱٪ بر ارتفاع بوته معنی‌دار شد. در اثر متقابل قارچ * باکتری بیشترین ارتفاع در تیمار ترکیبی گلوموس موسه و عدم مصرف باکتری با ۲۰/۸۸ سانتی‌متر و شاهد با ارتفاع۱۳ سانتی‌متر دیده شد (شکل۴-۱). در مقایسه‌ی میانگین مایکوریزا و کود نیز استفاده از گلوموس موسه و سطح ۸۰ کیلوگرم در هکتار سولفات آهن با ارتفاع ۲۰ سانتی‌متر موترترین تیمار شناخته شد (شکل۴-۲)، شمالی و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که کمبود آهن در برنج منجر به کاهش طول گیاه شد و با مصرف آهن ارتفاع بوته افزایش داشت با توجه به حضور آهن در کلروفیل و ساختمان کلروپلاست، فراهم بودن مناسب آن می‌تواند منجر به افزایش فتوسنتز و افزایش ارتفاع بوته شود. همزیستی با قارچ میکوریز باعث افزایش ارتفاع و قطر ساقه گردید که از این نظر نتایج بدست آمده با تحقیقات سوبرامنیان و همکاران (۲۰۰۶) در گوجه فرنگی، الکرکی و همکاران (۲۰۰۸) در *Artemisia annua* مطابقت دارد. ملکوتی و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند کاربرد خاکی منیزیم، آهن، روی و منگنز در آفتابگردان تاثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه و ارتفاع بوته داشت.

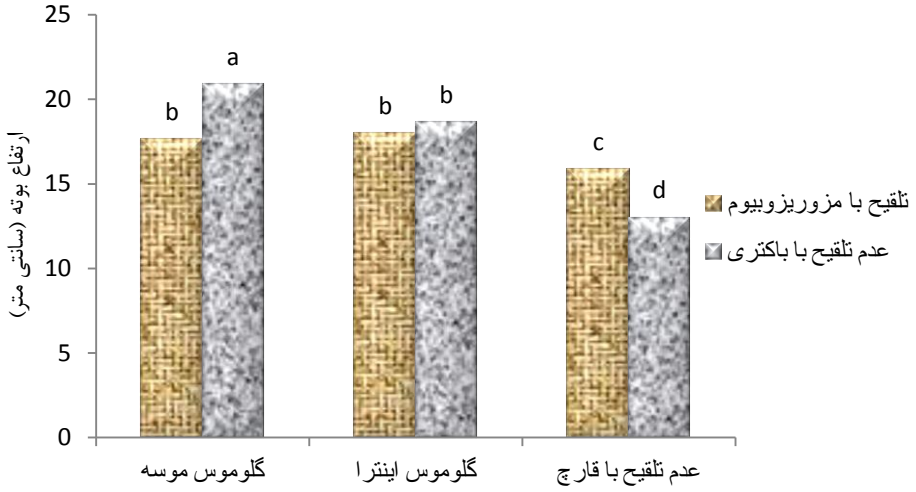
ارتفاع بوته جز مهمی در تعیین عملکرد دانه نمی باشد، ولی احتمالا ارقام با ارتفاع بلندتر عملکرد ماده خشک بیشتری دارند. ارتفاع معمولا تحت تاثیر عوامل ژنتیکی می‌باشد ولی محیط نیز ارتفاع بوته را تحت تاثیر قرار می‌دهد (هریس و همکاران،۲۰۰۷). یکی از نتایج افزایش ارتفاع بوته، تشکیل برگ‌های جدید در بالای گیاه است که برگ‌های جوان با کارآیی بیشتر نسبت به برگ‌های قدیمی که در سطح پایین قرار دارند، نور خورشید را دریافت می‌کنند و این ویژگی کارآمدترین برگ‌ها را در بهترین موقعیت از نظر فتوسنتز قرار می‌دهد (گوش و پاترا، ۱۹۹۳) همچنین افزایش ارتفاع بوته با تشکیل محور گل آذین بلندتر

و تعداد گل و نیام بیشتر همراه می‌باشد. در مرحله‌ی پرشدن دانه‌ها به علت ریزش برگ‌ها فتوسنتز گیاه توسط نیام صورت می‌گیرد، بنابراین داشتن ساقه‌های بلندتر باعث افزایش فتوسنتز در گیاه شده و در نتیجه سبب افزایش وزن دانه و عملکرد گیاه می‌گردد (سین هاروی و همکاران، ۱۹۹۰). مطالعات مرادی و همکاران (۱۳۸۸) و درزی و همکاران (۱۳۸۵) به ترتیب در مورد گیاه نخود و رازیانه نشان داد تلقیح میکوریز ارتفاع گیاه را به طور معنی‌داری افزایش می‌دهد. ویدادا و همکاران (۲۰۰۷) نیز بیان داشتند که گیاه سورگوم تلقیح شده با میکوریز دارای ارتفاع بیشتری بود. در کل پایان نامه میانگین‌هایی که دارای یک حروف مشترک هستند بر مبنای آزمون LSD در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

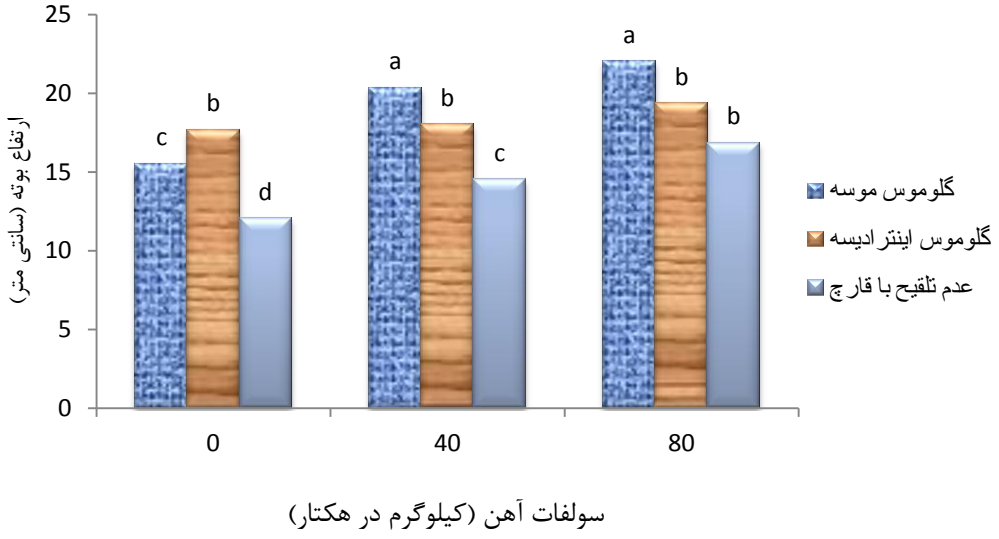
جدول ۴-۱: نتایج تجزیه واریانس اثر قارچ میکوریز، باکتری مزوریزوبیوم و کود سولفات آهن بر ارتفاع بوته نخود

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات ارتفاع بوته
تکرار	۲	۰/۵۷
قارچ (b)	۲	۱۱۸/۱۲**
باکتری (a)	۱	۱/۵ ns
کود سولفات آهن (k)	۲	۸۵/۴**
قارچ* باکتری (b*a)	۲	۴۲/۳۸ **
قارچ *کود (b*k)	۴	۱۱/۳۵*
باکتری* کود (a*k)	۲	۹/۵۵ ns
قارچ*باکتری*کود (b*a*k)	۴	۶/۹۴ ns
خطا	۳۴	۳/۳۹

ns، * ،** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار بودن را در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد نشان می‌دهند.



شکل۴-۱. اثر متقابل میکوریز آربوسکولار و باکتری مزوریزبیوم سیسری بر ارتفاع بوته



شکل ۴-۲. اثر متقابل میکوریز آربوسکولار و کود سولفات آهن بر ارتفاع دانه

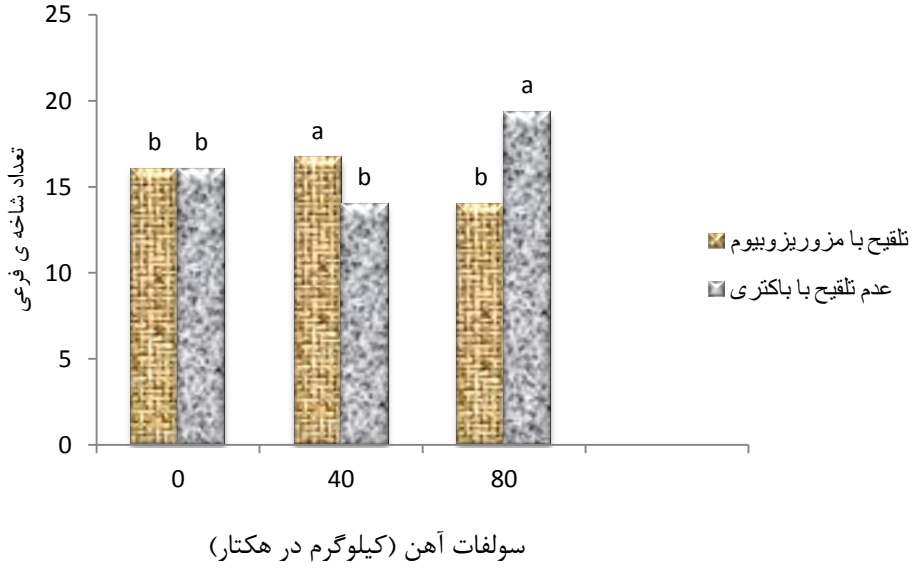
۴-۱-۲ تعداد شاخه فرعی

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس ۴-۲ حاکی از معنی‌دار بودن هر سه تیمار بر روی تعداد شاخه فرعی در سطح ۱٪ بود. اثرات متقابل دوگانه قارچ * باکتری، باکتری * کود و اثر سه‌گانه نیز در سطح ۱٪ معنی دار شد. تعداد شاخه فرعی در گیاه در گونه‌های مختلف حبوبات متفاوت است و بعنوان یک معیار مهم برای عملکرد دانه محسوب می‌شود. تعداد شاخه‌های جانبی یک خصوصیت وابسته به واریته بوده و شدیدا تحت تاثیر شرایط محیطی، خصوصیات فیزیکی خاک، شرایط تنش رطوبتی و تغذیه می‌باشد از آنجایی که غلاف‌ها بر روی شاخه جانبی رشد می‌کنند بنابراین تعداد شاخه جانبی نقش بسیار مهمی در عملکرد نهایی دارا می‌باشد. این نتایج با تحقیقات توگای و همکاران (۲۰۰۸) مطابقت دارد. سلیمی (۱۳۸۹) نیز در بررسی اثرات سه گانه پرایمینگ و تلقیح بذر و کود دامی بر روی تعداد شاخه‌ی فرعی بر روی گیاه نخود تاثیر معنی‌داری را در سطح ۵٪ مشاهده کردند.

جدول ۴-۲: : نتایج تجزیه واریانس اثر قارچ میکوریز، باکتری مزوریزوبیوم و کود سولفات آهن بر تعداد شاخه‌ی فرعی

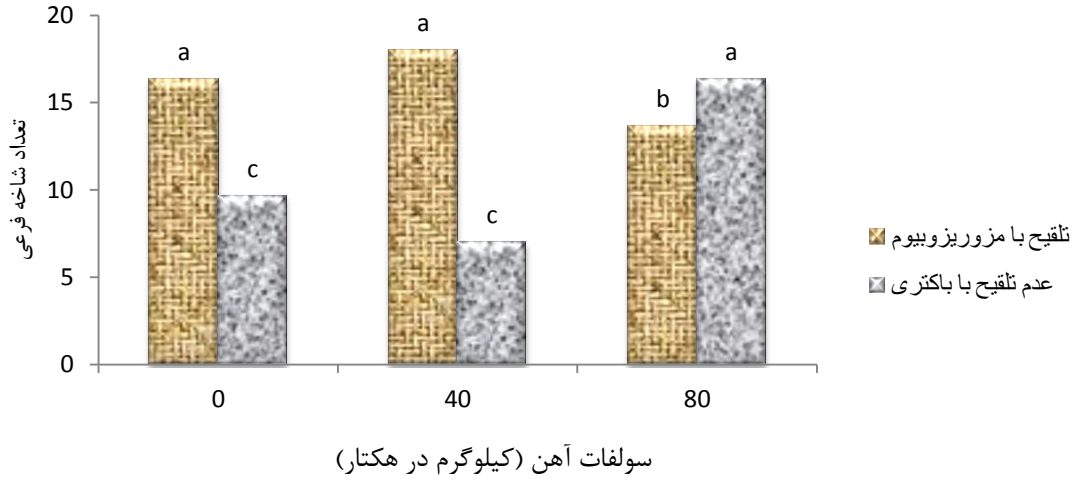
منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات تعداد شاخه فرعی
تکرار	۲	۱/۴۹
قارچ (b)	۲	۴۱/۷۹**
باکتری (a)	۱	۲۸/۱۶**
کود سولفات آهن (k)	۲	۱۹/۹**
قارچ* باکتری (b*a)	۲	۴۹/۰۵ **
قارچ *کود (b*k)	۴	۳/۲۶ns
باکتری* کود (a*k)	۲	۴۹/۳۸ **
قارچ*باکتری*کود (b*a*k)	۴	۲۹/۱۹**
خطا	۳۴	۳/۵۶

ns، * ،** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار بودن را در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد نشان می‌دهند.



شکل ۴-۳. اثر متقابل کود سولفات آهن با باکتری مزوریزوبیوم در شرایط تلقیح با گلوموس اینترادیسه بر تعداد شاخه‌ی فرعی

باتوجه به شکل ۴-۳ و ۴-۴ بیشترین تعداد شاخه‌ی فرعی با مقدار ۱۹ در تلقیح با مایکوریزا بخصوص گونه‌ی گلوموس اینترادیسه و مصرف ۸۰ کیلوگرم در هکتار سولفات آهن در عدم تلقیح با باکتری و کمترین تعداد شاخه‌ی فرعی با مقدار ۷ در عدم تلقیح با هیچ یک از موجودات همزیست و مصرف ۴۰ کیلوگرم در هکتار کود مشاهده شد.



شکل۴-۴. اثر متقابل کود سولفات آهن با باکتری مزوریزوبیوم در شرایط عدم تلقیح با میکوریزا بر تعداد شاخه‌ی فرعی

۴-۱-۳ کلروفیل (عدد SPAD)

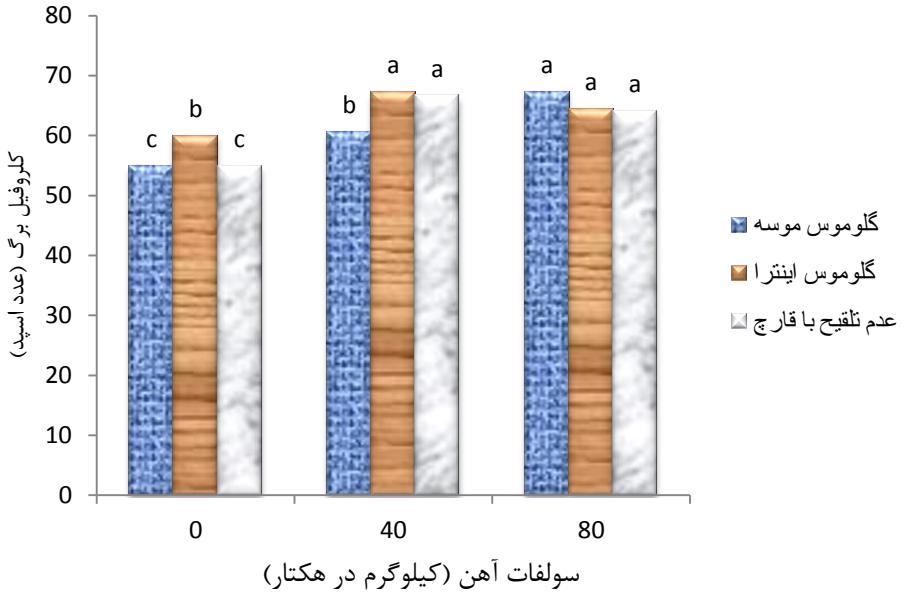
نتایج مندرج در جدول ۴-۳ نشان می‌دهد که اثرات اصلی مایکوریزا و کود سولفات آهن در سطح ۱٪ و برهمکنش قارچ * باکتری و اثرات سه گانه در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار است. علت افزایش با سولفات آهن را می‌توان به وجود آهن برای ساخت لگ هموگلوبین که در بسیاری از فرآیندهای بیوشیمیایی به عنوان ناقل الکترون دخالت دارد ذکر کرد (اسمیت، ۱۹۸۲). عنصر آهن در تشکیل کلروفیل گیاهی و عنصر روی برای تولید هورمون رشد اکسین و انجام فتوسنتز ضروری است (خلدبرین و اسلام زاده، ۲۰۰۱). در شرایط تلقیح با مزوریزوبیوم و کاربرد گونه‌ی گلوموس موسه و سطح ۸۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین مقدار کلروفیل (۶۷/۳) و کمترین مقدار در عدم مصرف کود و مایکوریزا (۵۴/۸۳) حاصل شد (شکل۴-۵). در عدم تلقیح با مزوریزوبیوم، گونه‌ی گلوموس اینترادیسه و سطح ۸۰ کیلوگرم در هکتار بالاترین مقدار کروفیل (۷۰/۵۶) و تیمار عدم تلقیح با میکوریز و ۴۰ کیلوگرم در هکتار سولفات آهن کمترین مقدار کلروفیل (۴۸) را نشان داد (شکل۴-۶). این افزایش را می‌توان به نقش آربوسکولار در افزایش محتوای کلروفیل (کاردوس و همکاران، ۲۰۰۶) و نقش آهن در تشکیل کلروفیل گیاهی ارتباط

داد. از آنجا که قارچ‌های میکوریز به جذب منیزیم در گیاه کمک می‌کنند، مـی‌تواننـد سـنتز کلروفیـل را افزایش دهند (گیری و همکاران، ۲۰۰۲).

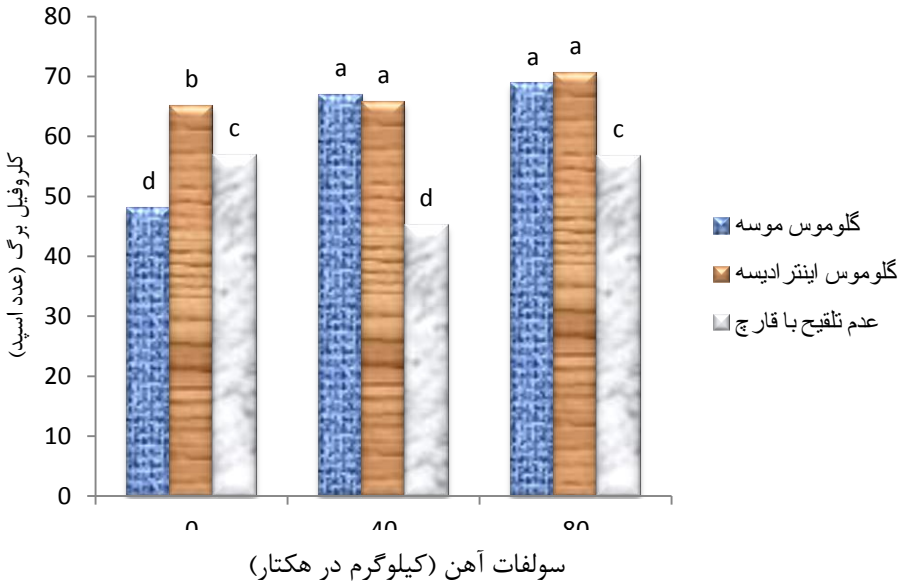
جدول ۴-۳: نتایج تجزیه واریانس اثر قارچ میکوریز، باکتری مزوریزوبیوم و کود سولفات آهن بر کلروفیل برگ

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات کلروفیل برگ
تکرار	۲	۲۲۱/۲۶
سطوح قارچ (b)	۲	۲۹۶/۹**
باکتری (a)	۱	۴۵/۱۵ns
سطوح کود سولفات آهن (k)	۲	۳۵۰/۱۶**
قارچ* باکتری (b*a)	۲	۱۸۲/۳۲*
قارچ *کود (b*k)	۴	۸۹/۲۱ns
باکتری* کود (a*k)	۲	۴۷/۲۳ns
قارچ*باکتری*کود (b*a*k)	۴	۱۲۶/۴۹*
خطا	۳۴	۴۹/۹۹

ns، * ،** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار بودن را در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد نشان می‌دهند.



شکل۴-۵. اثر متقابل میکوریز آربوسکولار و کود سولفات آهن در شرایط تلقیح با ریزوبیوم بر کلروفیل برگ



شکل۴-۶. اثر متقابل میکوریز آربوسکولار و کود سولفات آهن در شرایط عدم تلقیح با ریزوبیوم بر کلروفیل برگ

۴-۱-۴ عملکرد دانه

اثرات اصلی هر یک از تیمارها و اثرات متقابل آنها بر عملکرد دانه در سطح ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۴-۴). ترکیب تیماری ریزوبیوم و گلوموس موسه و سطح کودی ۸۰ کیلوگرم در هکتار با ۴۱۱۱/۶۶ کیلوگرم در هکتار بیشترین میزان عملکرد دانه (شکل۴-۷) وتیمار شاهد با مقدار ۱۱۱۵/۳۳ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد دانه را به خود اختصاص داد همچنین در شرایط عدم تلقیح با ریزوبیوم، گونه‌ی گلوموس موسه و ۴۰کیلوگرم در هکتار سولفات آهن بیشترین عملکرد را نشان داد (شکل۴-۸). افزایش عملکرد گونه‌های لگوم بعد از تلقیح با میکروارگانیسم‌های تثبیت کننده‌ی نیتروژن در ابتدا توسط راج پوت و همکاران (۱۹۹۳) گزارش شد. این باکتری‌ها فقط تثبیت نیتروژن گیاهان را بهبود نمی‌دهند بلکه وضعیت نیتروژن خاک را به تنهایی یا همراه با میکروارگانیسم‌های حل کننده‌ی فسفات مساعد می‌کنند. مک‌گوئین وهمکاران (۱۹۸۸)، در یک بررسی یافتند که افزایش تلقیح AM منجر به افزایش عملکرد ۳۷

درصدی گیاهان شد. لکبرگ و همکاران (۲۰۰۵) نتیجه گرفتند که در سویا، گندم، جو و ذرت عملکرد، با تلقیح میکوریزا افزایش یافت.

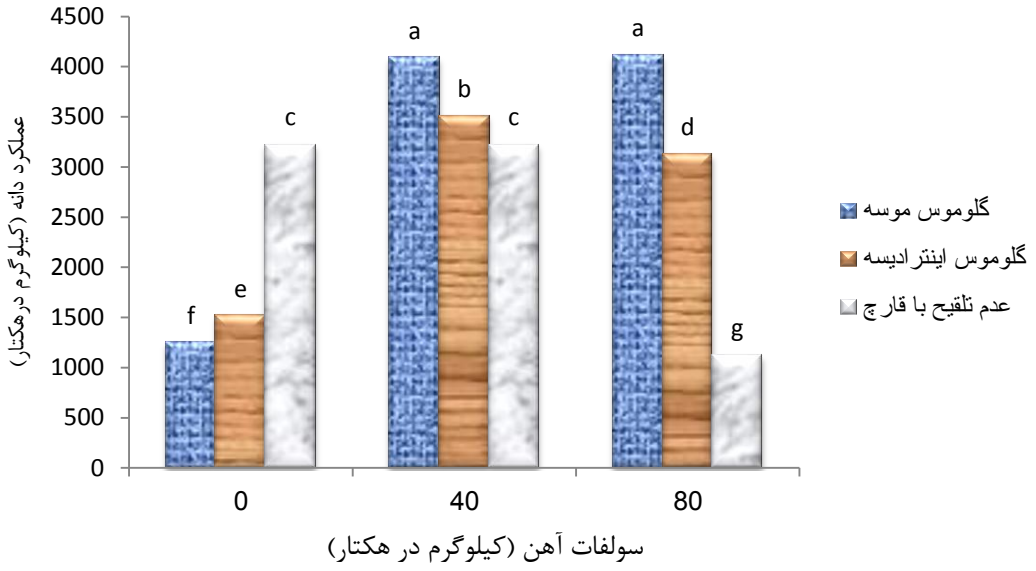
جدول ۴-۴: نتایج تجزیه واریانس اثر قارچ میکوریز، باکتری مزوریزوبیوم و کود سولفات آهن بر عملکرد دانه

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات عملکرد دانه
تکرار	۲	۳۳۷۶/۷
قارچ (b)	۲	۴۷۲۹۷۷۳**
باکتری (a)	۱	۵۷۸۲۹۹۸/۳۷**
کود سولفات آهن (k)	۲	۵۹۱۶۸۹۹/۹۷**
قارچ* باکتری (b*a)	۲	۱۱۴۹۳۲۱/۸۷**
قارچ *کود (b*k)	۴	۳۷۷۲۲۲۰/۴۲**
باکتری* کود (a*k)	۲	۱۰۷۱۵۴۹/۰۱**
قارچ*باکتری*کود (b*a*k)	۴	۱۷۰۱۴۶۷/۴۳**
خطا	۳۴	۱۱۳۲/۴۱

ns، * ،** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار بودن را در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد نشان می‌دهند.

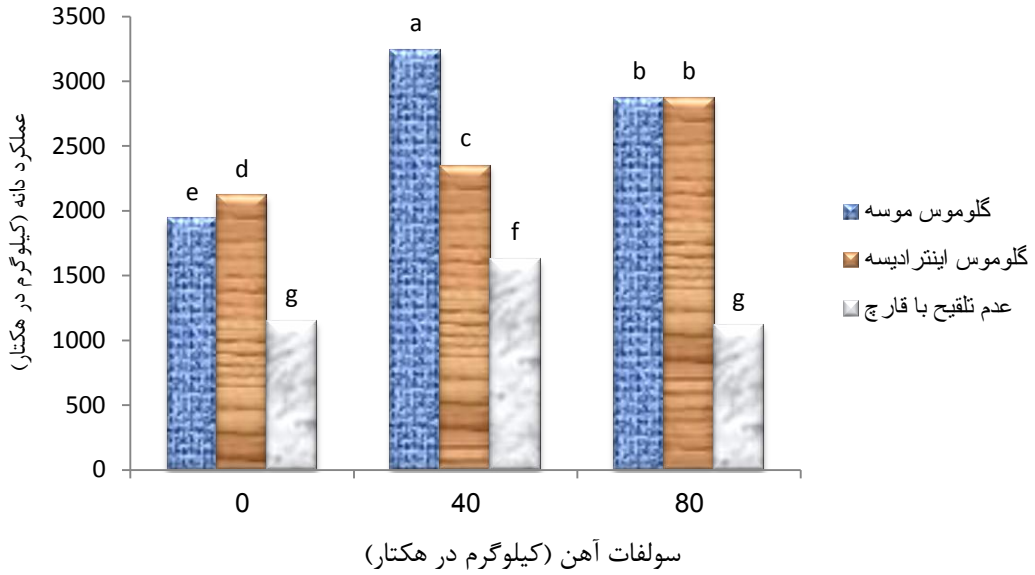
آمبرسانو و همکاران (۱۹۹۰) یافتند که استفاده از ریز مغذی‌ها در لوبیا موجب افزایش نیام‌های بارور به میزان ۵ درصد و افزایش عملکرد دانه به میزان ۳ درصد به ازای هر گیاه گردید. الماس زایدی و همکاران (۲۰۰۲) نیز افزایش بهبود تولید دانه‌های نخود تلقیح شده با ریزوبیوم کشت شده را به تنهایی ۱۲/۹ درصد بیان کردند.

مارت ارمان و همکاران (۲۰۱۱)، بیان کردند که تلقیح میکوریز آربوسکولار همراه با ریزوبیوم یا به تنهایی منجر به افزایش عملکرد دانه، گسترش ریشه و مقدار فسفر دانه و ساقه شد. کارلینگ و براون (۱۹۸۲) اظهار نمودند که یکی از مهم‌ترین آثار کاربرد قارچ‌های میکوریزی افزایش عملکرد گیاهان زراعی، خصوصا در خاکهایی با حاصلخیزی پایین است. این افزایش عملکرد به دلیل افزایش سطح جذب ریشه‌ها از طریق نفوذ میسیلیوم قارچ در خاک و بالطبع دسترسی گیاه زراعی به حجم بیشتری از خاک می‌باشد.



شکل۴-۷. اثر متقابل میکوریز آربوسکولار و کود سولفات آهن در شرایط تلقیح با ریزوبیوم بر عملکرد دانه

افزایش عملکرد دانه در اثر تلقیح باکتری ریزوبیوم بیش از این توسط بویان و همکاران در سال‌های ۲۰۰۱و ۲۰۰۸ و یوسف زای و همکاران (۱۹۹۹) بر روی نخود، گزارش شده است. این افزایش عملکرد در نخود بر اثر تلقیح باکتری ریزوبیوم در آزمایشات بویان و همکاران (۱۹۹۸)، ۳۵ درصد و در آزمایش گوپتا و نامدئو (۱۹۹۶)، ۲۷/۹ درصد گزارش شد. تحقیقات نشان می‌دهد تلقیح هر دو میکروارگانیسم به گیاه ظرفیت گیاهان را در استفاده از نور، آب، موادمغذی و CO_2 افزایش می‌دهد و مواد متابولیک زیادتری تولید می‌شود که براحتی از منبع به مخزن جا به جا می‌شوند و در نهایت در غلاف و دانه‌ها انباشته می‌گردند و منجر به افزایش عملکرد می‌گردد (باجیاراج و همکاران، ۱۹۷۹). در تایید تاثیر مثبت تلقیح بر عملکرد نخود، محققان در ساسکاچوان درکانادا نشان دادند که با تلقیح ریزوبیومی، عملکرد دانه نخود ۳۶ درصد افزایش یافت (کانتار و همکاران، ۲۰۰۳؛ استفان، ۲۰۰۰). سالواگیوتی و میرالز (۲۰۰۸) نشان دادند که گوگرد اضافه شده باعث افزایش عملکرد و بیوماس دانه‌ی گندم گردید که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد.



شکل۴-۸. اثر متقابل میکوریز آربوسکولار و کود سولفات آهن در شرایط عدم تلقیح با ریزوبیوم بر عملکرد دانه

۴-۱-۵ تعداد غلاف در بوته

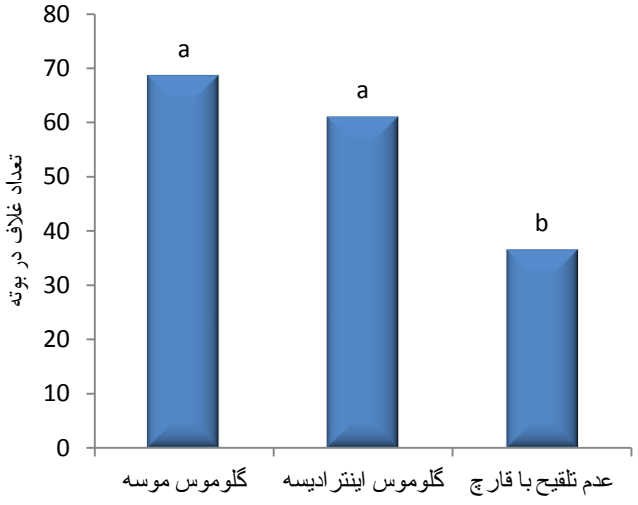
نتایج مندرج در جدول ۴-۵ نشان دهنده‌ی معنی‌دار بودن اثر عامل قارچ مایکوریزا و کود سولفات آهن در سطح ۱٪ بر روی تعداد غلاف در بوته می‌باشد ولی اثرات متقابل آن‌ها غیرمعنی‌دار بود. بیشترین تعداد غلاف در بوته در تیمار گلوموس موسه و پس از آن در گلوموس اینترادیسه مشاهده شد (شکل ۴-۹). اثر کود سولفات آهن نیز در شرایط استفاده از ۴۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین تعداد غلاف در بوته را بترتیب به دنبال داشت (شکل۴-۱۰). اگرچه هیچ یک از اثرات متقابل تاثیر معنی‌داری را نشان نداد ولی در همه‌ی تیمارها استفاده از مایه تلقیح هر دو همزی نسبت به عدم استفاده‌ی آن‌ها موثرتر واقع شد. اختر و سیدیکویی (۲۰۰۹) در یک آزمایش تاثیر گلوموس اینترادیسه را بر رشد نخود بررسی کردند و بیان نمودند که میکوریز باعث افزایش معنی‌دار تعداد غلاف در بوته گردید. باکتری مزوریزوبیوم نیز باعث افزایش تعداد غلاف در بوته شد اگرچه این اثر معنی‌دار نشد. توگای و همکاران (۲۰۰۸) در یک آزمایش مزرعه‌ای دو ساله، تاثیر باکتری ریزوبیوم را به همراه فسفر و گوگرد بر رشد گیاه نخود بررسی کرده، آنها

گزارش کردند که باکتری ریزوبیوم باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع، تعداد شاخه‌ی فرعی و تعداد غلاف در بوته گردید.

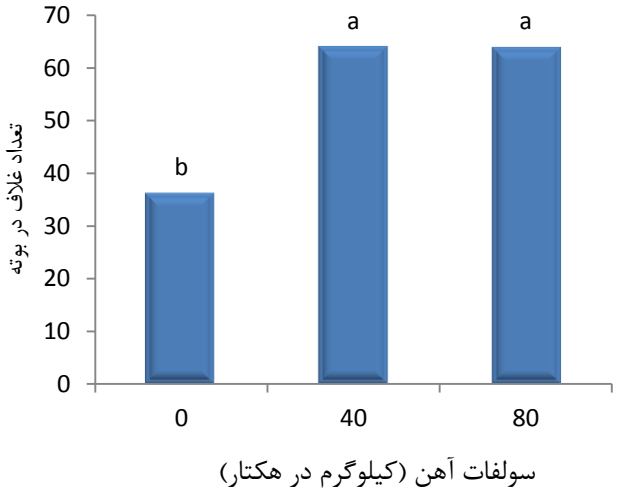
جدول۴-۵: نتایج تجزیه واریانس اثر قارچ میکوریز، باکتری مزوریزوبیوم و کود سولفات آهن بر تعداد غلاف در بوته

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات تعداد غلاف در بوته
تکرار	۲	۷۷/۹
قارچ (b)	۲	۵۰۴۳/۴۶**
باکتری (a)	۱	۳۵۲/۶۶ ns
کود سولفات آهن (k)	۲	۳۷۹۱/۹**
قارچ* باکتری (b*a)	۲	۳۵/۳۸ns
قارچ *کود (b*k)	۴	۴۲۸/۶۲ ns
باکتری* کود (a*k)	۲	۷۴۸/۷۲ns
قارچ*باکتری*کود (b*a*k)	۴	۵۸۸/۱۱ ns
خطا	۳۴	۳۰۴/۱۲

ns، * ،** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار بودن را در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد نشان می‌دهند.



شکل۴-۹. تاثیر میکوریز آربوسکولار بر تعداد غلاف در بوته



شکل۴-۱۰. تاثیر کود سولفات آهن بر تعداد غلاف در بوته

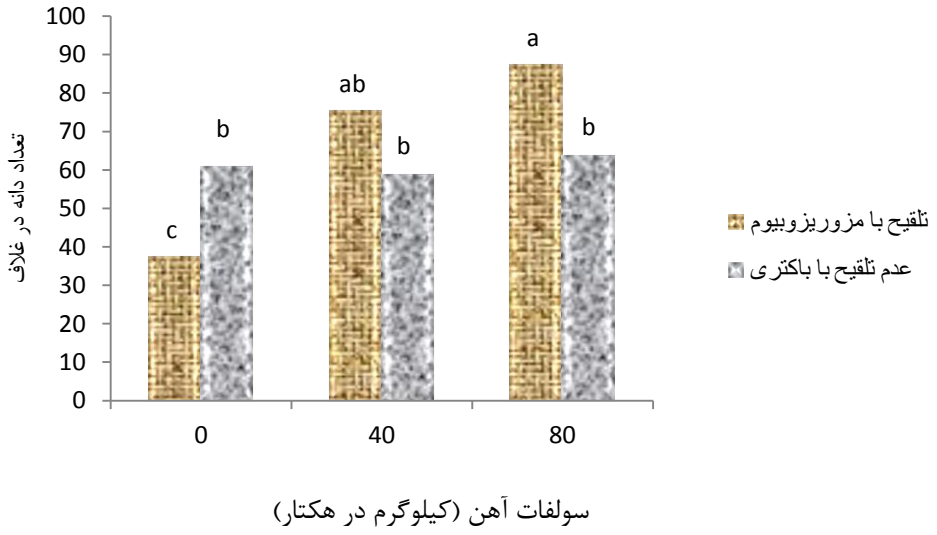
۴-۱-۶ تعداد دانه در غلاف

با توجه به جدول تجزیه واریانس ۴-۶ تاثیر قارچ میکوریز آربوسکولار و سولفات آهن در سطح ۱٪ و بین اثرات متقابل تنها اثر باکتری * کود در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد. مقایسه میانگین شکل۴-۱۱ نشان داد بیشترین تعداد دانه در غلاف در تلقیح با مزوریزوبیوم و سطح ۸۰کیلوگرم در هکتار حاصل شد. از آنجایی که تعداد دانه در غلاف ارتباط مستقیمی با تعداد غلاف در بوته دارد، و با توجه به معنی‌دار بودن تعداد غلاف در بوته در اثر مایکوریزا و سولفات آهن افزایش تعداد دانه در غلاف نیز توجیه پذیر می‌باشد. هر چه تعداد دانه در غلاف بیشتر باشد مخزن بزرگتری برای مواد فتوسنتزی تولید شده توسط گیاه ایجاد می‌شود که نهایتا منجر به افزایش عملکرد می‌شود (کلتو و همکاران، ۲۰۰۱). پور موسوی و همکاران (۱۳۸۸) افزایش تعداد دانه در غلاف را به ترتیب در سویا و لوبیا چشم بلبلی گزارش کردند. بر طبق نتایج قاسمی پیر بلوطی و همکاران (۱۳۸۳)، تعداد دانه در غلاف یکی از اجزای مهم عملکرد دانه بوده که تحت تاثیر تلقیح با باکتری تثبیت کننده‌ی نیتروژن قرار گرفت.

جدول۴-۶: نتایج تجزیه واریانس اثر قارچ میکوریز، باکتری مزوریزوبیوم و کود سولفات آهن بر تعداد دانه در غلاف

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات تعداد دانه در غلاف
تکرار	۲	۸۱۲/۷۴
قارچ (b)	۲	۳۳۶۵/۹**
باکتری (a)	۱	۱۸۵/۱۸ns
کود سولفات آهن (k)	۲	۲۸۱۸/۹**
قارچ* باکتری (b*a)	۲	۲۷۳/۹ns
قارچ *کود (b*k)	۴	۱۸/۵۹۳ns
باکتری* کود (a*k)	۲	۲۵۰۹/۲۴**
قارچ*باکتری*کود (b*a*k)	۴	۳۱۱/۹۶ns
خطا	۳۴	۳۱۸/۹۵

ns، * ،** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار بودن را در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد نشان می‌دهند.



شکل۴-۱۱. اثر متقابل باکتری مزوریزوبیوم سیسری و کود سولفات آهن بر تعداد دانه در غلاف

بوته‌های تلقیح یافته با باکتری احتمالا بدلیل فراهمی میزان مناسب نیتروژن گیاه و اثر مثبت آن بر طول دوره‌ی پرشدن دانه از طریق افزایش دوام شاخص سطح برگ و تخصیص بیشتر مواد به دانه موجب افزایش وزن دانه شده است (گراهام و رانلی، ۱۹۹۷).

نتایج تحقیقات نشان داده است که مصرف مایه تلقیح با استفاده از سوش‌های برتر باکتریایی می‌تواند موجب تولید اقتصادی محصول و صرفه جویی در مصرف کودهای نیتروژن دار گردد و نیز تلقیح باکتریایی با افزایش توان مقابله گیاه در مقابل هجوم بیماری‌های خاکزاد و نداشتن اثرات سوء محیطی به لحاظ آلودگی خاک و آب‌های زیرزمینی گامی مهم در جهت کشاورزی پایدار است (خودشناس و همکاران، ۱۳۸۲).

۴-۲ میزان غلظت برخی عناصر دانه

۴-۲-۱ نیتروژن دانه

به‌طوری که در جدول ۴-۷ مشاهده می‌شود، اثر اصلی کود سولفات آهن و اثرات متقابل دوگانه و سه گانه به ترتیب در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شدند، اگرچه اثر اصلی ریزوبیوم غیرمعنی‌دار بود ولی استفاده از آن باعث افزایش نیتروژن در مقابل عدم کاربرد شد. البته گره‌بندی ضعیف و عدم پاسخ به عمل تلقیح توسط باکتری در آزمایش‌های مزرعه‌ای متعددی در جهان گزارش شده است. سودآوری نبض صنعت محصولات کشاورزی است، یک صنعتی که بیش از ۶۰ درصد نیازهای ما را برآورده می‌کند. بنابراین این صنعت نیاز به تلقیح کارآمدترین ریزوبیوم همزیست و مدیریت مناسب می‌باشد (ایوان، ۲۰۰۵). علاوه بر فسفر، نیتروژن جز عناصری است که تحقیقات نشان داده گیاهان میکوریزی جذب آن را بالا برده اند (علیزاده، ۱۳۸۶؛ حمل و اسمیت، ۱۹۹۱). این افزایش جذب حتی در شرایطی که فسفر خاک نیز زیاد باشد دیده می‌شود (گئورگ و همکاران، ۱۹۹۵). هیف‌های گیاهان میکوریزی این توانایی را دارند که نیتروژن خاک را جذب و به ریشه گیاه منتقل کنند البته دیده شده که هیف‌های قارچ میکوریزی جذب آمونیوم را به جذب نیترات ترجیح می‌دهند (مارشنر و دل، ۱۹۹۴). در برخی آزمایش‌ها AM به تنهایی تاثیر زیادی بر رشد و عملکرد نخود نداشته است (القندر و گالال، ۲۰۰۲). قارچ AM نیز سبب بهبود جذب نیتروژن، پتاسیم، منیزیم و روی در خاک‌های فقیر می‌شوند (اسمیت و رید،۲۰۰۸).

اندازه‌گیری تثبیت نیتروژن با تکنیک ^{15}N نشان داده است که تثبیت زیستی نیتروژن در گیاهان میکوریزی بیشتر از گیاهان غیرمیکوریزی است (تورو و همکاران، ۱۹۹۸). تحقیقات نشان می‌دهد تلقیح همزمان گونه‌های ریزوبیوم و Bacillus sp باعث بهبود ریشه، زیست توده هوایی، درصد کل نیتروژن گیاه در نخود و دیگر لگوم‌ها می‌شود (مل نیکوا و همکاران، ۲۰۰۲؛ پارما و دارارول، ۱۹۹۹). افزایش کود و برنامه‌های کاربردی منجر به افزایش نیتروژن غیر پروتئینی در دانه شده (هولز، ۱۹۹۴) و اثر کمی بر روی عملکرد دانه و تعداد گره در حدود ۲۱٪ دارد (راپلا و بک، ۱۹۹۰؛ برادا و همکاران، ۲۰۰۷).

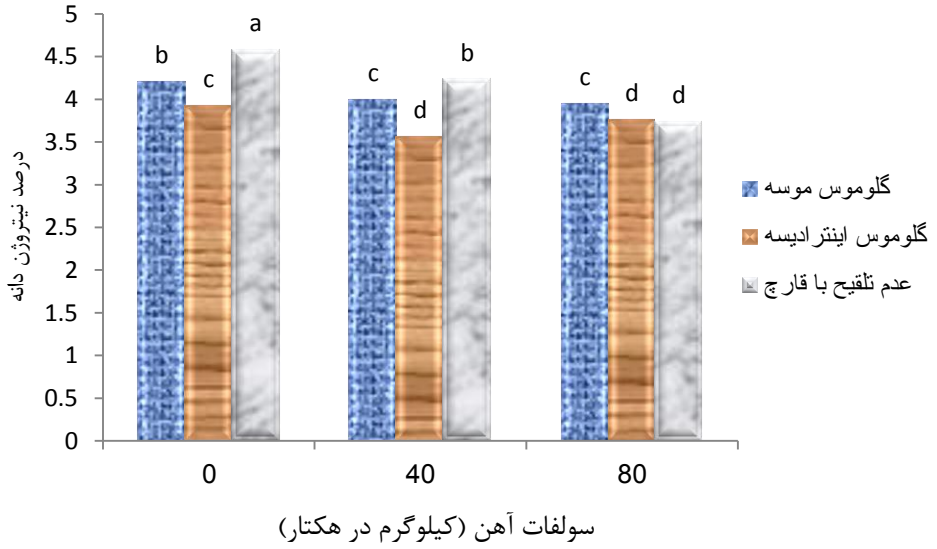
جدول۴-۷: نتایج تجزیه واریانس اثر قارچ میکوریز، باکتری مزوریزوبیوم و کود سولفات آهن بر نیتروژن دانه

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات نیتروژن دانه
تکرار	۲	۰/۰۰۱۱
قارچ (b)	۲	۰/۰۳۷ns
باکتری (a)	۱	۰/۰۰۱ns
کود سولفات آهن (k)	۲	۰/۰۹۷**
قارچ* باکتری (b*a)	۲	۰/۴۳۷**
قارچ *کود (b*k)	۴	۰/۲۳۵**
باکتری* کود (a*k)	۲	۰/۵۵**
قارچ*باکتری*کود (b*a*k)	۴	۰/۰۶۷**
خطا	۳۴	۰/۰۱۶

ns، * ،** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار بودن را در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد نشان می‌دهند.

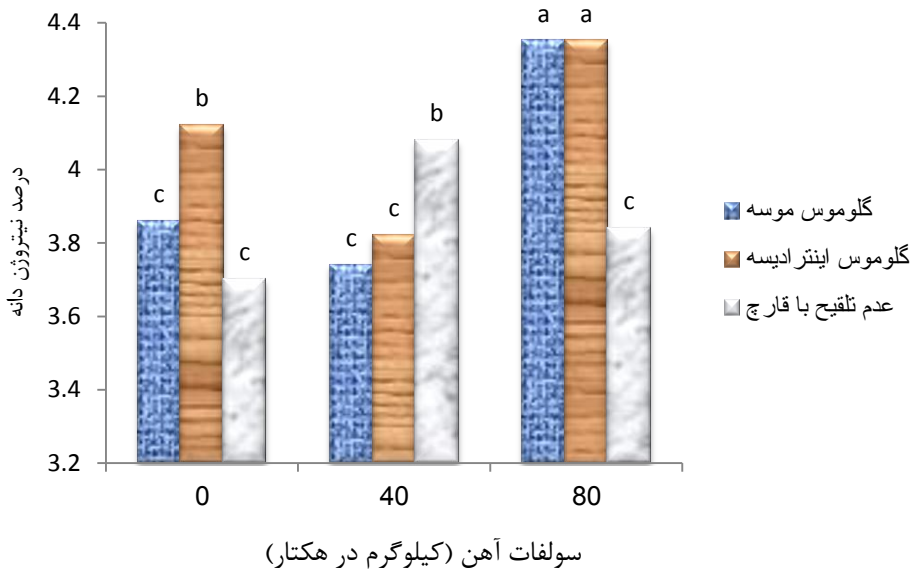
زایدی و همکاران (۲۰۰۱) در تلقیح دوگانه‌ی ریزوبیوم و AM افزایش عملکرد و جذب موادمغذی در دانه و کاه را نسبت به تلقیح جداگانه مشاهده کردند. همچنین تلقیح با ریزوبیوم به تنهایی جذب فسفر و نیتروژن را نسبت به کنترل افزایش داد. در شکل ۴-۱۲ بیشترین درصد نیتروژن (۴/۵) در عدم تلقیح میکوریز و عدم استفاده از کود در تلقیح با مزوریزوبیوم مشاهده می‌شود و در شرایط عدم تلقیح با مزریزوبیوم هر دو گونه‌ی قارچ بکاربرده شده و سطح ۸۰ کیلوگرم در هکتار سولفات آهن (۴/۳۵درصد) به ترتیب بیشترین و کمترین درصد نیتروژن دانه در تیمار شاهد قابل مشاهده است (شکل۴-۱۳). ایباس و

شین (۲۰۰۵) در مطالعه‌ای بر روی سویا شاهد بهبود محسوس غلظت نیتروژن دانه در تیمار حاوی تلقیح میکوریزی بودند.



شکل۴-۱۲. اثر متقابل میکوریز آربوسکولار و کود سولفات آهن در شرایط تلقیح با ریزوبیوم بر درصد نیتروژن دانه

ویو و همکاران (۲۰۰۵) نیز با آزمایشی بر روی ذرت با مایکوریزا و ازتوباکتر دریافتند که در عدم تلقیح با ریزوبیا غلظت نیتروژن در گونه‌ی گلوموس موسه بیشتر از اینترا بود و الگوی جذب موفق‌تری را نسبت به اینترادیسه در جذب پتاسیم و فسفر نیز نشان داد. که با نتایج این تحقیق همخوانی دارد.



شکل۴-۱۳. اثر متقابل میکوریز آربوسکولار و کود سولفات آهن در عدم تلقیح با ریزوبیوم بر درصد نیتروژن دانه

۴-۲-۲ درصد پروتئین دانه

از نتایج ارائه شده در جدول ۴-۸ می‌توان گفت که اثرات اصلی میکوریز و مزوریزوبیوم غیرمعنی‌دار ولی اثر کود سولفات آهن و مقایسه‌ی میانگین اثرات دو گانه همگی در سطح احتمال ۱٪ و اثر متقابل سه‌گانه در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شده است. با افزایش مقدار نیتروژن گیاه، تشکیل پیش زمینه‌های پروتئینی نیتروژن‌دار بیشتر شده و تشکیل پروتئین از مواد فتوسنتزی بیشتر می‌گردد. مارشنر (۱۹۹۳) گزارش کرد که در اثر مصرف آهن و روی در ذرت مقدار کل کربوهیدرات نشاسته و پروتئین دانه افزایش یافته و با افزایش کربوهیدرات، وزن دانه، تعداد دانه و در نتیجه عملکرد دانه افزایش یافت. گوگرد نیز یکی از عناصر غذایی پرمصرف و ضروری برای گیاه می‌باشد که کمبود آن نه تنها عملکرد را در نتیجه‌ی تغذیه نامناسب کاهش می‌دهد، بلکه از ارزش کیفی محصولات مانند درصد پروتئین و درصد روغن نیز می‌کاهد. در مورد اثرات مفید مصرف گوگرد بر افزایش تثبیت بیولوژیک نیتروژن در لگوم‌های همزیست با ریزوبیوم‌ها نیز گزارش‌های متعددی ارائه شده است. پاسداری لقا و همکاران (۱۳۹۰) در مصرف سولفات

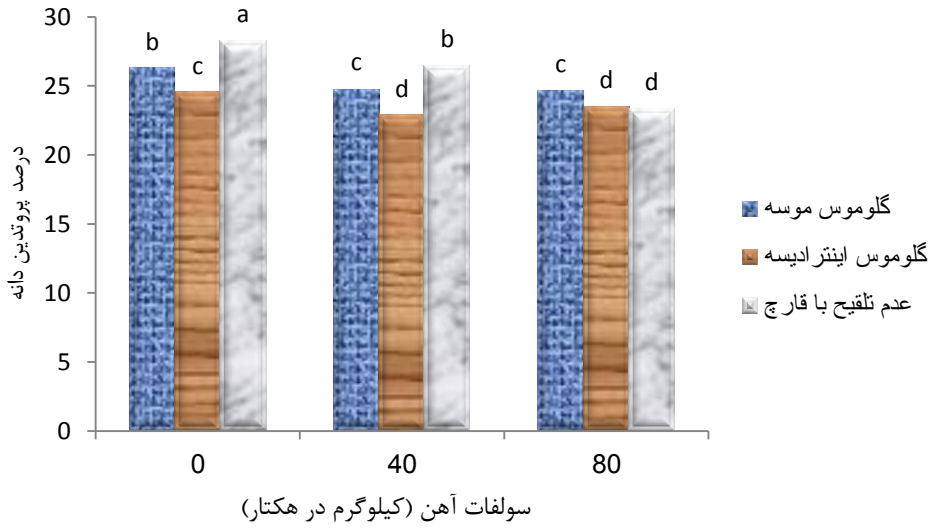
روی در سطح ۸۰کیلوگرم در هکتار نشان دادند که درصد پروتئین دانه به میزان ۲۶ درصد افزایش داشت که نسبت به سطح صفر ۱۸/۱۸ درصد افزایش نشان داد و بین سطوح ۴۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. لویچ و همکاران (۱۹۸۳) در آزمایشی گلخانه‌ای تاثیر نیتروژن، گوگرد و تلقیح با ریزوبیوم فازئولی را بر روی فاکتورهای مختلف رشد لوبیا بررسی کردند، نتایج نشان داد که افزودن گوگرد، گره‌زایی، متابولیسم نیتروژن و سنتز پروتئین را تحت تاثیر قرار می‌دهد و کیفیت محصول را بهبود می‌بخشد، بنابراین کود سولفات آهن با خاصیت ترکیبی هر دو عنصر توانسته مقدار پروتئین را بهبود بخشد و در اثر اصلی و اثرات متقابل سطح ۸۰ کیلو در هکتار مناسب‌تر تشخیص داده شد. سدری و ملکوتی (۱۳۷۷) گزارش کردند که مصرف عناصر ریزمغذی علاوه بر افزایش عملکرد، میزان پروتئین دانه را نیز بهبود می‌بخشد. سید شریفی و همکاران در سال‌های ۸۱ و ۸۲ نیز با بررسی سولفات روی بر آنالیز رشد و عملکرد و میزان پروتئین دانه‌ی گندم به این نتیجه رسیدند با افزایش مصرف سولفات روی به میزان ۸۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین درصد پروتئین دانه بدست آمد.

جدول۴-۸: نتایج تجزیه واریانس اثر قارچ میکوریز، باکتری مزوریزوبیوم و کود سولفات آهن بر پروتئین دانه

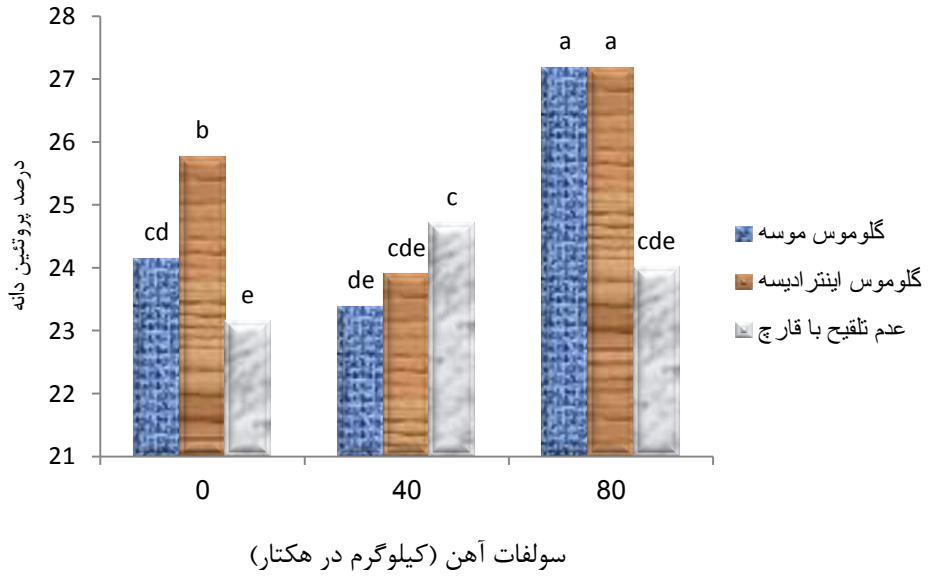
منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات پروتئین دانه
تکرار	۲	۰/۰۶۱
قارچ (b)	۲	۰/۹۸۸ns
باکتری (a)	۱	۰/۱۷۷۹ ns
کود سولفات آهن (k)	۲	۴/۶۹**
قارچ* باکتری (b*a)	۲	۱۸/۵۶**
قارچ *کود (b*k)	۴	۷/۷۴**
باکتری* کود (a*k)	۲	۲۱/۸۵**
قارچ*باکتری*کود (b*a*k)	۴	۱/۷۷*
خطا	۳۴	۰/۶۴

ns، * ،** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار بودن را در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد نشان می‌دهند.

در شکل ۴-۱۴، شرایط تلقیح با ریزوبیوم بیشترین مقدار پروتئین در تیمار عدم کاربرد میکوریز و سولفات آهن دیده می‌شود که با توجه به افزایش نیتروژن در همین تیمار افزایش آن قابل پیش بینی بود.



شکل ۴-۱۴. اثر متقابل میکوریز آربوسکولار و کود سولفات آهن در شرایط تلقیح با ریزوبیوم بر درصد پروتئین دانه



شکل۴-۱۵. اثر متقابل میکوریز آربوسکولار و کود سولفات آهن در شرایط عدم تلقیح با ریزوبیوم بر درصد پروتئین دانه

در عدم تلقیح با ریزوبیوم (۴-۱۵) گونه‌های گلوموس موسه و اینترادیسه و سطح ۸۰ کیلوگرم در هکتار با حداکثر۲۷ درصد پروتئین و تیمار شاهد با ۲۳ درصد حداقل را به خود اختصاص دادند.

۴-۲-۳ درصد فسفر دانه

نتایج تجزیه واریانس حاکی از معنی‌داری عامل اصلی قارچ میکوریز در هر دو گونه‌ی تلقیحی به خصوص گلوموس اینترادیسه در سطح ۱٪ می‌باشد (جدول۴-۹). اثرات متقابل دوگانه‌ی قارچ * باکتری و قارچ *کود و اثر متقابل سه‌گانه هم در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار شد. فسفر یکی از عناصر ضروری مورد نیاز گیاهان زراعی است که به دلیل تثبیت توسط یون‌های معدنی نظیر آلومینیوم، آهن، کلسیم و منیزیم قابلیت جذب آن توسط گیاه به شدت کاهش می‌یابد. یکی از راههای تامین فسفر مورد نیاز گیاه استفاده از کودهای بیولوژیک در اکوسیستم‌های زراعی است. مایکوریزا یکی از آنهاست که علاوه بر تاثیر قابل توجه بر بهبود رشد گیاه جذب عناصر غذایی را افزایش می‌دهد از مهمترین عناصری که توسط میکوریز به طور فعال و در سطح وسیع جذب می‌شود عنصر فسفر است. نتایج بعضی از تحقیقات نشان داده که سرعت جریان فسفر بدرون گیاه میکوریزایی ۳ الی ۶ مرتبه بیشتر از گیاهان غیرمیکوریزایی است (بولان، ۱۹۹۱). کاپور (۲۰۰۲) نتیجه گرفت که جذب فسفر نتیجه‌ی عواملی نظیر مورفولوژی ریشه و میزان جذب فسفر توسط گیاه است که در نهایت موجب افزایش سرعت رشد و نمو می‌شود. موثرتر از ویژگی میزان آلودگی ریشه در بهبود بیوماس و غلظت فسفر گیاهان تلقیح شده با میکوریز، درجه‌ی تاثیر یک گونه قارچ میکوریز است،که از اهمیت بیشتری برخوردار است.

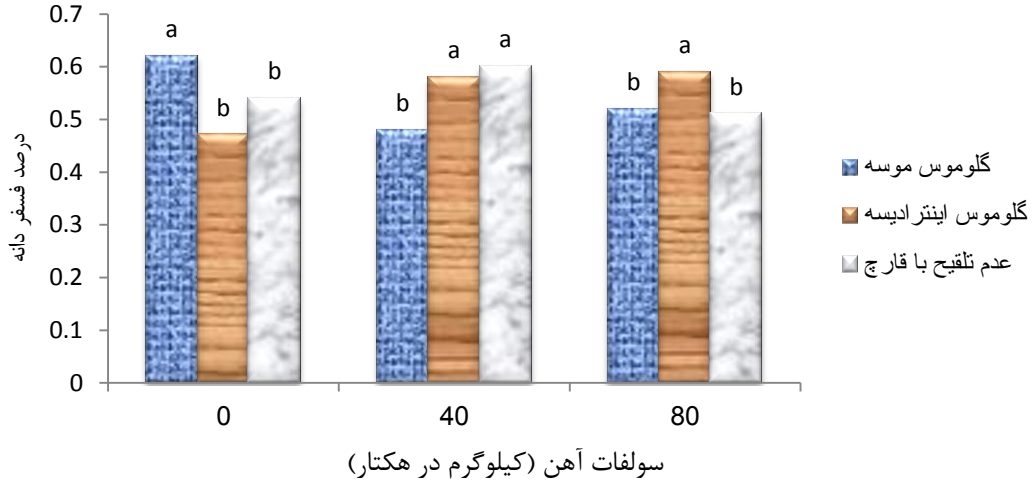
یک دلیل عمده برای حساسیت حبوبات به کمبود فسفر و آهن نقش بسیار مهم این عناصر در رشد و فعالیت ندول‌هاست. به نظر می‌رسد نقش مفید میکوریزها به ویژه در مورد جذب فسفر و عناصر ریزمغذی، مربوط به ناحیه‌ی تخلیه عناصر در اطراف ریشه باشد، و وسعت این ناحیه بستگی به حلالیت و قابل

حرکت بودن عناصر در خاک دارد که در مورد ازت زیاد و در مورد فسفر کم است و قارچ‌های میکوریز با گسترش شبکه ریسه‌ای خود این محیط را افزایش می‌دهند (احمدی و همکاران، ۱۳۸۳). همچنین گیاهانی که با این قارچ‌ها همزیستی دارند ترجیح می‌دهند به جای اختصاص ذخایر کربنی خود به توسعه ریشه، بخشی از منابع خود را برای رشد میکوریزها هزینه کنند. این همزیستی باعث افزایش ۱۵ تا ۳۰ درصدی وزن خشک ریشه‌های آلوده می‌شود. ارتاس (۲۰۱۰) نشان داد که مایکوریزای تلقیح شده مقدار روی و فسفر را در گیاهان تلقیحی افزایش می‌دهد. در همزیستی مایکوریزا و ریزوبیوم اغلب رابطه‌ی سینرژیستی در سرعت آلودگی، تغذیه‌ی معدنی و رشد گیاه (گئوی، ۱۹۹۲؛ ال قندور و همکاران، ۱۹۹۶؛ ال قندور و گالال، ۲۰۰۲؛ جی‌آ و همکاران، ۲۰۰۴؛ ساینی و همکاران، ۲۰۰۴؛ چالک و همکاران، ۲۰۰۶) وجود دارد.

جدول۴-۹: نتایج تجزیه واریانس اثر قارچ میکوریز، باکتری مزوریزوبیوم و کود سولفات آهن بر فسفر دانه

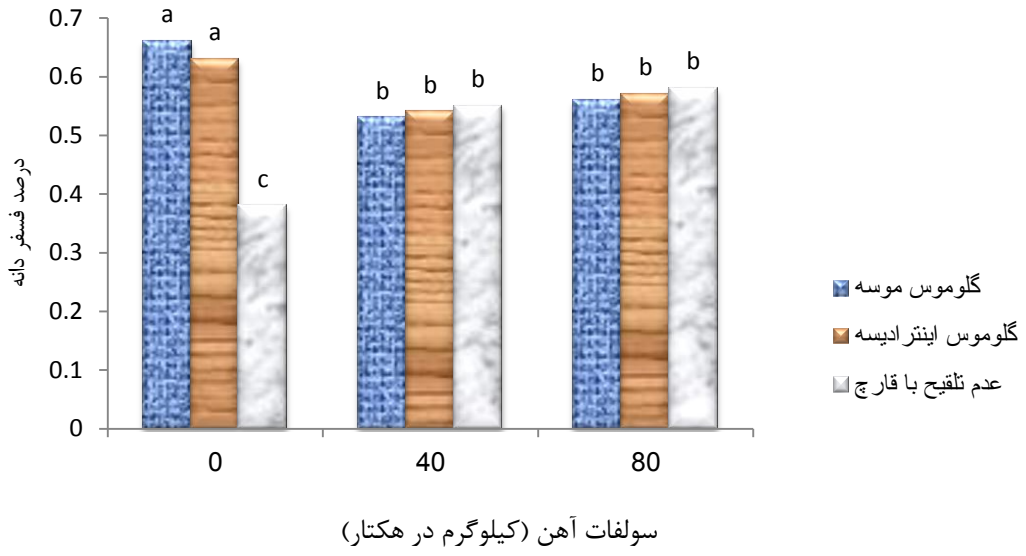
منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات فسفر دانه
تکرار	۲	۰/۰۰۱۸
قارچ (b)	۲	۰/۰۰۷**
باکتری (a)	۱	۰/۰۰۱۲ns
کود سولفات آهن (k)	۲	۰/۰۰۰۲ns
قارچ* باکتری (b*a)	۲	۰/۰۱۳**
قارچ *کود (b*k)	۴	۰/۰۲۵**
باکتری* کود (a*k)	۲	۰/۰۰۲۲ns
قارچ*باکتری*کود (b*a*k)	۴	۰/۰۱۶۸**
خطا	۳۴	۰/۰۰۱۱

ns، * ،** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار بودن را در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد نشان می‌دهند.



شکل۴-۱۶. اثر متقابل میکوریز آربوسکولار و کود سولفات آهن در شرایط تلقیح با ریزوبیوم بر غلظت فسفر دانه

اثر مثبت قارچ بر گیاه در جذب فسفر مفید است که برای عملکرد بهتر آنزیم نیتروژناز که در ریزوبیا وجود دارد و منجر به تثبیت N_2 می‌شود نیاز است (ایبیج بیجن و همکاران، ۱۹۹۶؛ دوپونون و همکاران، ۲۰۰۸). مقایسه میانگین‌ها (۴-۱۶)، (۴-۱۷) نشان داد گونه‌ی گلوموس موسه در هر دو شرایط تلقیح و عدم تلقیح با مزوریزوبیوم و عدم مصرف کود درصد فسفر بیشتری نسبت به سایر تیمارها داشت و تیمار شاهد کمترین مقدار فسفر دانه را به خود اختصاص داد. نتایج محققین بر روی گیاه نخود نشان داد محتویات فسفر گیاه و دانه در گیاهان تلقیح شده با قارچ مایکوریزا بیشتر از گیاهان شاهد (عدم تلقیح) بود (استانچوا و همکاران، ۲۰۰۶؛ آرمان و همکاران، ۲۰۱۱). نیتروژن و فسفر دو عنصر ضروری برای رشد و عملکرد بهتر گیاه و حاصلخیزی شیمیایی خاک محسوب می‌شوند (ریچاردسون، ۲۰۰۹) از اینرو تولید بیولوژیک آنها بوسیله‌ی قارچ AM و ریزوبیوم ممکن است کمک بزرگی به افزایش تولید و عملکرد اقتصادی و محیطی بکند (میرانصاری، ۲۰۱۰).



شکل۴-۱۷. اثر متقابل میکوریز آربوسکولار و کود سولفات آهن در شرایط عدم تلقیح با ریزوبیوم بر غلظت فسفردانه

نتایج تحقیقات نشان داد که کاربرد گوگرد منجر به افزایش جذب فسفر توسط گیاه ذرت و در نهایت منجر به عملکرد بالا گردید (بحراتی و پونگوتای، ۲۰۰۸). با توجه به اشکال کاهش فسفر در تیمارهای کودی را می‌توان به اسیدی شدن محیط اطراف ریشه و افزایش حلالیت یون‌های آهن و آلومینیوم ذکر کرد، که موجب تثبیت فسفر شده و از میزان فسفر قابل جذب کاسته شده (جانسون، ۱۹۷۵).

۴-۲-۴ گوگرد دانه

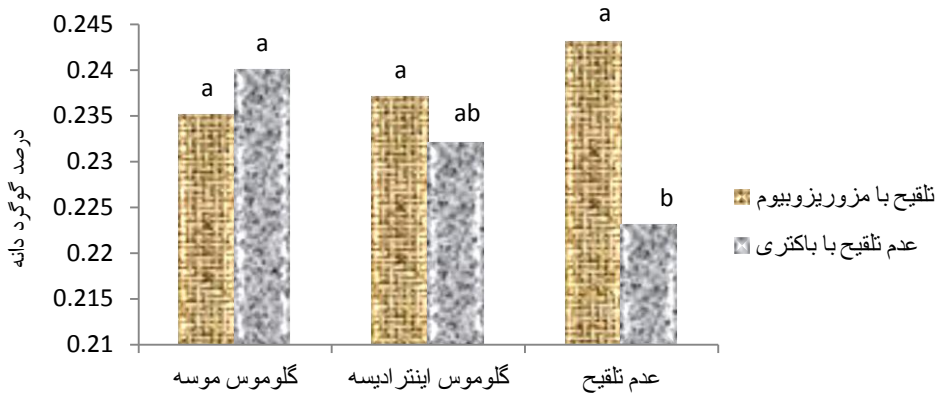
اثر اصلی باکتری مزوریزوبیوم سیسری و کود سولفات آهن و اثرات متقابل قارچ * باکتری و قارچ * کود در سطح ۵٪ معنی‌دار می‌باشد (جدول ۴-۱۰). بیشترین میزان گوگرد دانه در تیمار تلقیح با مزوریزوبیوم و عدم مصرف مایکوریزا معادل ۰/۲۴ درصد و کمترین مقدار برابر ۰/۲۲ درصد در تیمار شاهد مشاهده شد (شکل۴-۱۸). مقایسه‌ی میانگین‌ها (شکل۴-۱۹) نشان داد که دانه‌های تلقیح شده با گلوموس موسه و مصرف ۸۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات آهن با ۰/۲۵ درصد دارای بیشترین مقدار گوگرد و استفاده از همان گونه‌ی قارچ و عدم کوددهی با ۰/۲۲ درصد دارای کمترین مقدار گوگرد دانه

می‌باشد بنابراین می‌توان گفت سولفات آهن با کاهش pH در محدوده‌ی اطراف ریشه باعث جذب گوگرد شده است. این عنصر جزء عناصر غذایی پر مصرف و ضروری برای گیاه می‌باشد که کمبود آن نه تنها عملکرد را در نتیجه‌ی تغذیه نامناسب کاهش می‌دهد، بلکه از ارزش کیفی محصولات (مانند درصد پروتئین و درصد روغن) نیز می‌کاهد. ذخیره‌ی متفاوت پروتئین‌ها در دانه‌های لگوم در مقدار گوگرد آمینواسیدها قابل ملاحظه است. برای مثال، در نخود فرنگی ذخیره‌ی پروتئینی ویسلین ولکتین آمینواسیدهای متیونین و سیستئین را ندارد، در حالی که لگوم‌ها دارای ۱/۷٪ آمینواسیدهای گوگردی هستند (اسپنسر و همکاران، ۱۹۹۰). در مطالعات متعددی استفاده متفاوت از لگوم‌ها نشان داد که در کمبود گوگرد، سنتز پروتئین‌های غنی از گوگرد کاهش یافت در حالی که سنتز پروتئین‌های غیرگوگردی همچنان ادامه داشت (بلاگر و همکاران، ۱۹۷۶؛ گایلر و سیکز، ۱۹۸۵؛ نایتو وهمکاران، ۱۹۹۵؛ اسپنسر و همکاران، ۱۹۹۰). در مورد اثرات مفید مصرف گوگرد به شکل‌های مختلف در افزایش تثبیت نیتروژن در لگوم‌های همزیست با ریزوبیوم‌ها نیز گزارش‌های متعددی ارائه شده است.

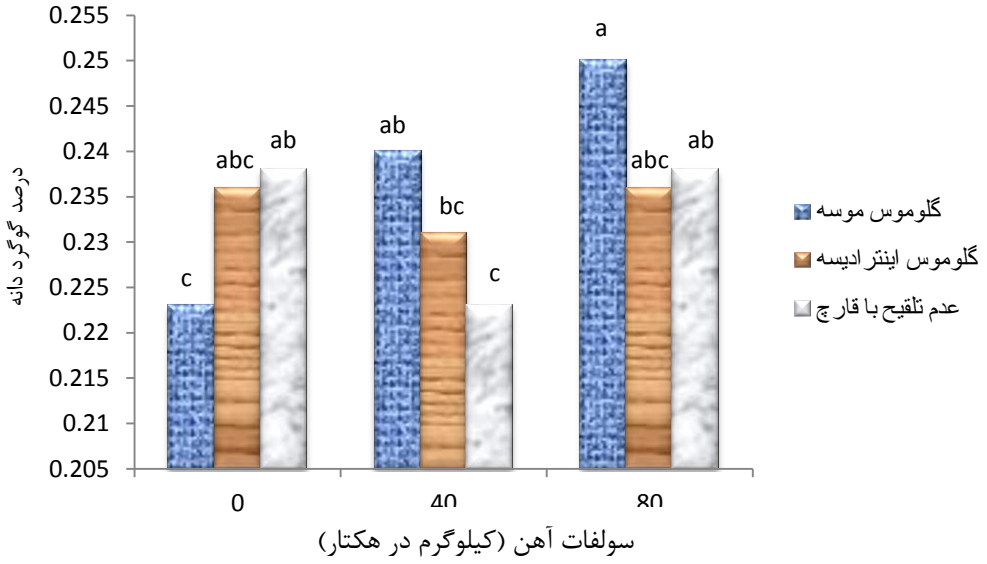
جدول۴-۱۰: نتایج تجزیه واریانس اثر قارچ میکوریز، باکتری مزوریزوبیوم و کود سولفات آهن بر گوگرد دانه

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات گوگرد دانه
تکرار	۲	۰/۰۰۰۲
قارچ (b)	۲	۰/۰۰۰۰۹ns
باکتری (a)	۱	۰/۰۰۰۶*
کود سولفات آهن (k)	۲	۰/۰۰۰۵۳*
قارچ* باکتری (b*a)	۲	۰/۰۰۰۶*
قارچ *کود (b*k)	۴	۰/۰۰۰۵۳*
باکتری* کود (a*k)	۲	۰/۰۰۰۲۳ns
قارچ*باکتری*کود (b*a*k)	۴	۰/۰۰۰۳۲ns
خطا	۳۴	۰/۰۰۰۱۴

ns، * ،** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار بودن را در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد نشان می‌دهند.



شکل۴-۱۸. اثر متقابل میکوریز آربوسکولار و ریزوبیوم بر غلظت گوگرد دانه



شکل۴-۱۹. اثر متقابل میکوریز آربوسکولار و کود سولفات آهن برغلظت گوگرد دانه

۴-۲-۵ میزان روی دانه

نتایج ارائه شده در جدول ۴-۱۱ نشان می‌دهد که اثرات ساده و متقابل تیمارها بر میزان غلظت روی دانه در سطح ۱٪ معنی‌دار است. در بررسی اثر متقابل بیشترین مقدار روی دانه در تیمار گلوموس اینترادیسه و تلقیح با باکتری در سطح کودی ۴۰ کیلوگرم در هکتار سولفات آهن (۶۴ میلی گرم بر

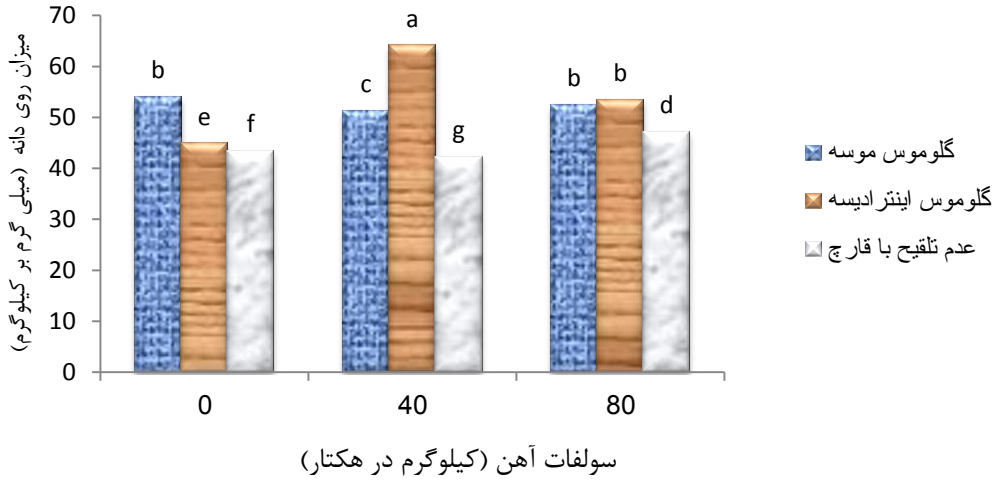
کیلوگرم) و کمترین مقدار آن در تیمار شاهد دیده شد (۳۰/۱۳ میلی گرم بر کیلوگرم)(شکل۴-۲۰ و ۴-۲۱). بر اساس تحقیقات به عمل آمده عوامل خاکی نظیر مواد مادری، pH، ماده آلی، کربنات کلسیم اثر زیادی بر فرآهمی روی دارند. با افزایش pH، قابلیت استفاده روی خاک برای گیاهان کاهش می‌یابد. لیندزی خاطر نشان کرد که رسوب ترکیبات بخصوصی از روی با افزایش pH، می‌تواند دلیلی برای کاهش قابلیت استفاده این عنصر در مقادیر بالای pH باشد (مورگان و ماسگاکنی، ۱۹۹۱). کمبود روی یکی از مشکلات تغذیه‌ای گیاهان زراعی و باغی در خاکهای آهکی است (رمضان زاده و همکاران، ۱۳۸۶).

جدول۴-۱۱: نتایج تجزیه واریانس اثر قارچ میکوریز، باکتری مزوریزوبیوم و کود سولفات آهن بر روی دانه

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات روی دانه
تکرار	۲	۰/۴۲۴
قارچ (b)	۲	۳۳۴/۸۲**
باکتری (a)	۱	۸۱۵/۱۸**
کود سولفات آهن (k)	۲	۲۹/۳۸**
قارچ* باکتری (b*a)	۲	۴۶/۶۲**
قارچ *کود (b*k)	۴	۱۴۵/۵۲**
باکتری* کود (a*k)	۲	۴۲/۴۱**
قارچ*باکتری*کود (b*a*k)	۴	۱۴۰/۶۶**
خطا	۳۴	۰/۶۲۵

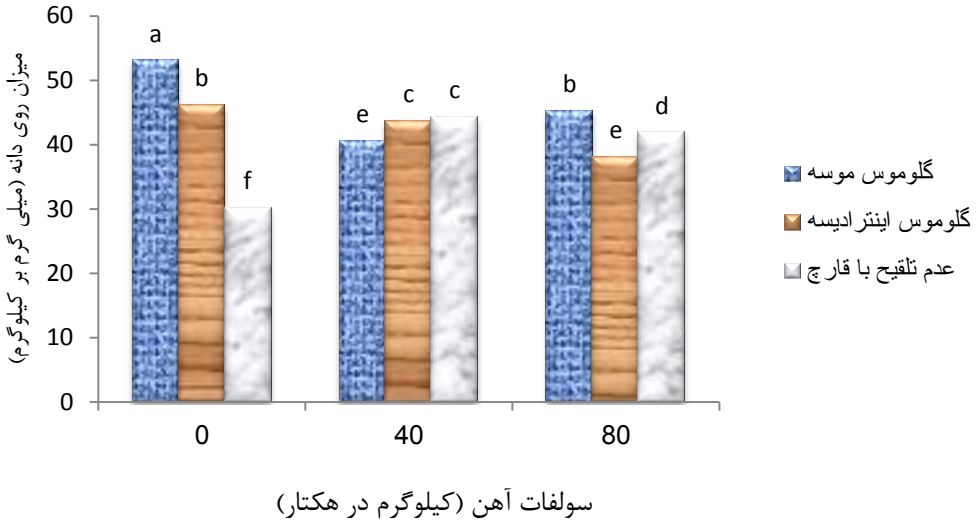
ns، * ،** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار بودن را در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد نشان می‌دهند.

روی به عنوان بخش فلزی آنزیم‌ها در ساختمان آن‌ها و یا به عنوان فعال کننده‌ی شماری از آنزیم‌ها از جمله سوپر اکسیدودسموتاز می‌باشد، این آنزیم در کلروپلاست بوده و مس و روی در ساختمان آن وجود دارد که در برطرف کردن رادیکال آزاد اکسیژن تولید شده در اثر تنش خشکی نقش مهمی را ایفا می‌کند (خلد برین و اسلام زاده، ۱۳۸۰).



شکل۴-۲۰. اثر متقابل میکوریز آربوسکولار و کود سولفات آهن در شرایط تلقیح با ریزوبیوم بر غلظت روی دانه

نقش روی در حفظ سلامت غشاها و مقاومت گیاهچه ها به بیماری‌های خاکزی مورد تایید قرار گرفته است. همچنین روی سطوح اکسین را در گیاه تحت تاثیر قرار می‌دهد، در اثر کمبود روی تشکیل اندام‌های نر و دانه‌ی گرده آسیب دیده، عمل گرده افشانی مختل و در نتیجه عملکرد به شدت پایین می‌آید و علت این امر کاهش ایندول استیک اسید ذکر گردیده است (براون و همکاران، ۱۹۹۳). افزایش جذب روی در اثر متقابل سه گانه شاید به دلیل اسیدی شدن خاک باشد که افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی توسط گیاه افزایش می‌یابد همچنین نتایج بسیاری از تحقیقات بر افزایش جذب فسفر و پتاسیم و روی به وسیله‌ی تلقیح گیاهان با قارچ‌های میکوریز تاکید دارند (دیوپه و همکاران، ۲۰۰۳؛ اسمیت و رید، ۲۰۰۸؛ خان، ۲۰۰۵). افزایش جذب روی در واکنش به گوگرد ممکن است بعلت افزایش سطح ریشه در اثر فراهمی گوگرد بوده که در نتیجه باعث رشد بهتر ریشه می‌گردد. در واقع به علت شرایط اسیدی که در نتیجه اکسیداسیون گوگرد بوجود می‌آید قابلیت جذب عناصر غذایی توسط گیاه افزایش می‌یابد (ایسلامت و همکاران، ۲۰۰۹).



شکل ۴-۲۱. اثر متقابل میکوریز آربوسکولار و کود سولفات آهن در شرایط عدم تلقیح با ریزوبیوم بر غلظت روی دانه

۴-۲-۶ میزان آهن دانه

نتایج تجزیه واریانس جدول ۴-۱۲ معنی‌دار بودن تیمارها را به تنهایی و در ترکیب با یکدیگر در سطح احتمال ۱٪ نشان می‌دهد. بیشترین میزان آهن در اثر متقابل سه گانه در تیمار عدم مصرف کود و عدم تلقیح با مزوریزوبیوم و گونه‌ی گلوموس موسه (۳۴/۲۲ میلی گرم در کیلوگرم) و کمترین مقدار آهن دانه در ترکیب تیماری ۴۰ کیلوگرم در هکتار سولفات آهن و عدم تلقیح با مزوریزوبیوم و گونه‌ی گلوموس موسه (۱۱/۰۸ میلی‌گرم در کیلوگرم) می‌باشد (شکل۴-۲۲). همیشه کمبود آهن در گیاه ناشی از کمی مقدار کل آن در خاک نیست، بلکه وجود عناصر دیگر در خاک و ترکیب آهن با آن‌ها موجب کاهش فراهمی آن می‌شود بعنوان مثال افزایش جذب نیتروژن نیتراتی توسط گیاه موجب عدم تعادل نسبت کاتیون به آنیون می‌گردد و موجب تراوش بی کربنات از ریشه به ریزوسفر و در نتیجه کاهش جذب آهن می‌گردد. محمودی و همکاران (۲۰۰۴) در بررسی متفاوت نخود و عدس به کمبود آهن نشان دادند که نخود در برابر کمبود آهن ظرفیت حفظ کلروفیل و یکپارچگی فتوسنتز خود را نسبت به عدس بهبود داد،

که تا حدی می‌توان آن را به ذخایر بالاتر آهن در دانه نخود اشاره کرد. اسچیکو واشمیت (۲۰۰۱) نشان دادند که مکانیزیم‌های درگیر در موقعیت‌های کمبود آهن در لگوم‌ها متفاوت است. لگوم چندین واکنش را برای قابل حل بودن آهن در سطح ریشه انجام می‌دهد: ۱) تراوش پروتون H^+ از سطح ریشه که منجر به اسیدی شدن ریزوسفر شده (ویزوتو و همکاران،۱۹۹۹)، ۲) تسریع در کاهش Fe^{3+} به Fe^{2+}، ۳) تجمع ارگانیک اسیدها و کلات‌های آهن در سطح ریشه که باعث کاهش آهن (III) به آهن(II) شده (عیدی و همکاران، ۱۹۹۶؛ فاکس و همکاران، ۱۹۹۶). تثبیت نیتروژن مولکولی نشان داد که نیاز بالایی به آهن برای لوبیا دارد (تنگی و همکاران، ۲۰۰۶) زیرا آهن یک نیاز ضروری برای نیتروژناز، لگ هموگلوبین و فرودوکسین‌هاست (ایوان و همکاران، ۱۹۷۱).

جدول۴-۱۲: نتایج تجزیه واریانس اثر قارچ میکوریز، باکتری مزوریزوبیوم و کود سولفات آهن بر آهن دانه

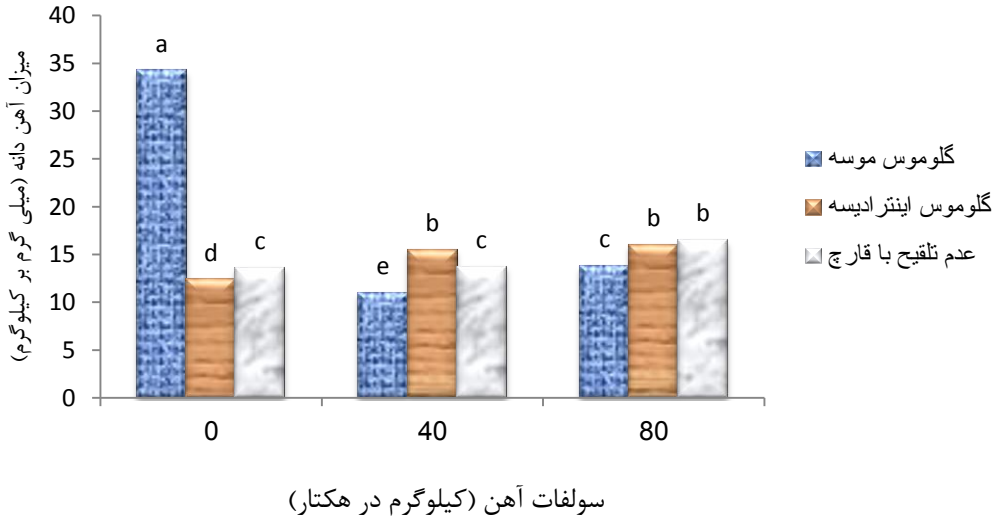
منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات آهن دانه
تکرار	۲	۰/۰۰۵۵
قارچ (b)	۲	۱۰۵/۴۵**
باکتری (a)	۱	۳۶/۹۳**
کود سولفات آهن (k)	۲	۹۱/۵۸**
قارچ* باکتری (b*a)	۲	۴/۸۸**
قارچ *کود (b*k)	۴	۲۱۴/۷**
باکتری* کود (a*k)	۲	۲۳/۴۲**
قارچ*باکتری*کود (b*a*k)	۴	۳۹/۷۴**
خطا	۳۴	۰/۵۶۵

ns، * ،** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار بودن را در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد نشان می‌دهند.

قارچ‌های میکوریز آربوسکولار می‌توانند با ریشه‌ی برخی گیاهان زراعی و باغی رابطه‌ی همزیستی خوبی داشته باشند، به طوری که نتایج سایر تحقیقات حاکی از آن است که این همزیستی بر دانه‌بندی خاک، تهویه‌ی خاک، فعالیت بعضی میکروارگانیسم‌های خاکزی مانند ریزوبیوم‌ها و جذب برخی عناصر غذایی میکرو مثل آهن اثرات مطلوبی می‌گذارد که در نتیجه‌ی آن افزایش کمی و کیفی محصولات

کشاورزی را به دنبال خواهد داشت (مارشنر، ۱۹۹۵؛ ماسکریز و همکاران، ۱۹۹۴؛ نادیان و همکاران، ۱۹۹۶).

خلیل و سوهیبی (۱۹۹۳) رشد ذرت را در حضور و عدم حضور میکوریزا در ۶ غلظت آهن بررسی کردند. نتایج نشان داد که گلوموس موسه تلقیح شده در نسبت‌های پایین آهن (۳، ۱۰، ۲۰، ۴۰ میلی گرم در کیلوگرم) در مقایسه با نمونه‌های غیرمیکوریزی بر روی رشد عملکرد بهتری داشت، همچنین در نسبت‌های بالای آهن (۸۰، ۱۶۰) سرایت میکوریزی شدن کاهش داشت که ممکن است منسوب به تاثیرات مغایرت آهن روی رشد قارچی باشد که باعث کاهش جذب فسفر از خاک و افت رشد گیاه می‌شود.



شکل ۴-۲۲. اثر متقابل میکوریز آربوسکولار و کود سولفات آهن در شرایط عدم تلقیح با ریزوبیوم بر میزان غلظت آهن دانه

در لگوم‌ها اسیدی شدن محیط ریزوسفر به وسیله‌ی آزادسازی پروتون H^+ توسط پمپ‌های پروتون و تراوش کربوکسیلیک اسید در این منطقه (مخصوصا سیتریک اسید و مالیک اسید) می‌تواند توجیه شکل (۴-۲۲) را در افزایش آهن در تیمار عدم مصرف کود سولفات آهن برساند (رومرا و همکاران، ۱۹۹۲).

رضوان و همکاران (۱۳۹۰)، نیز در بررسی کارآئی سویه‌های مختلف قارچ‌های میکوریز در جذب آهن و روی در جو به این نتیجه دست یافتند که سویه‌های ترکیبی و پس از آن سویه‌ی گلوموس موسه بیشترین غلظت آهن را داشتند. قارچ میکوریز جذب عناصر دیگری مانند سولفور، بور، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، سدیم، روی، منگنز، آهن، آلومینیوم و سیلسیم را افزایش می‌دهد (کلارک و زتو، ۲۰۰۰) که این پدیده در محیط‌هایی که مواد معدنی مورد نیاز کم است بسیار اهمیت دارد و به بقای گیاه کمک می‌کند. تاثیر مایکوریزا روی جذب فلز به وسیله‌ی ریشه گیاه واضح نمی‌باشد و به نوع فلز و گونه‌ی گیاهی بستگی دارد. برخی شواهد نشان می‌دهند میکوریزا سبب ممانعت از جذب فلز می‌شود (سویفت، ۲۰۰۴).

۴-۳برخی خصوصیات خاک:

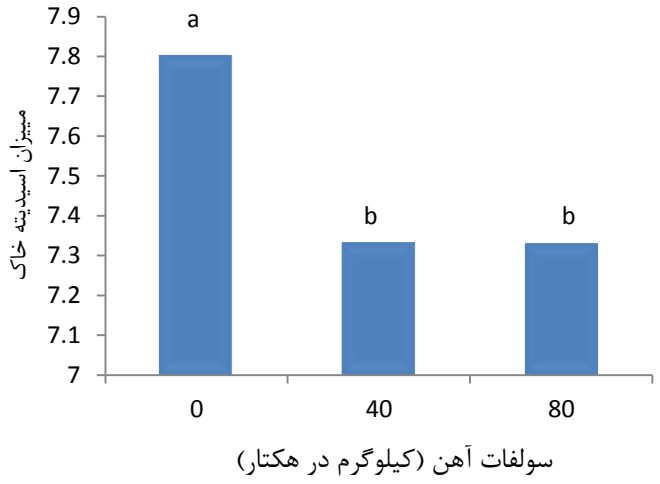
۴-۳-۱ pH خاک

با توجه به جدول ۴-۱۳ و همچنین مقایسه میانگین‌ها، تنها اثر اصلی کود سولفات آهن بر خاک معنی‌دار گشته و با افزایش میزان کود مصرفی pH خاک کاهش یافته. در ۸۰ و ۴۰ کیلو در هکتار به ترتیب کمترین pH خاک دیده می‌شود که جذب گوگرد دانه نیز در همین تیمار کودی بیشترین مقدار است. اسید سولفوریک، پتانسیل لازم را برای کاهش pH خاک حداقل در مقیاس کوچک اطراف ذرات خود دارا بوده و بنابراین می‌تواند بخصوص در منطقه ریزوسفر در انحلال ترکیبات غذایی نامحلول و آزاد شدن عناصر ضروری موثر واقع شود (بشارتی و صالح راستین، ۱۹۹۹).

جدول۴-۱۳: نتایج تجزیه واریانس اثر قارچ میکوریز، باکتری مزوریزوبیوم و کود سولفات آهن بر اسیدیته خاک

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات اسیدیته خاک
تکرار	۲	۰/۰۱۶
قارچ (b)	۲	۰/۰۰۵۸ns
باکتری (a)	۱	۰/۰۰۸۸ns
کود سولفات آهن (k)	۲	۰/۰۸۳**
قارچ* باکتری (b*a)	۲	۰/۰۱۴ns
قارچ *کود (b*k)	۴	۰/۰۱۱ns
باکتری* کود (a*k)	۲	۰/۰۱۴ns
قارچ*باکتری*کود (b*a*k)	۴	۰/۰۰۶۹ns
خطا	۳۴	۰/۰۰۸۱

ns، * ،** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار بودن را در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد نشان می‌دهند.



شکل۴-۲۳. اثر اصلی کود سولفات آهن در میزان اسیدیته

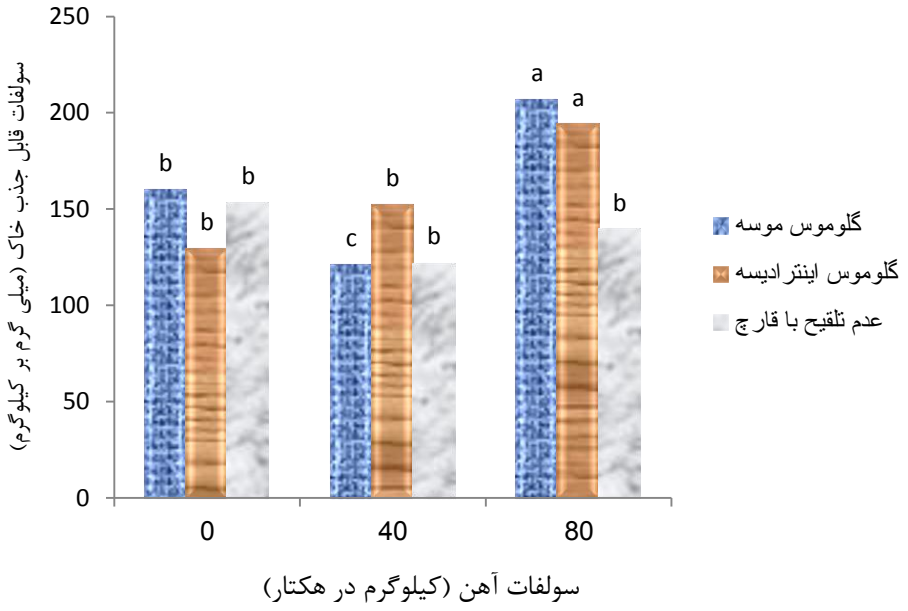
۴-۳-۲ سولفات قابل جذب خاک

با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس ۴-۱۴ اثر اصلی سولفات آهن و اثر متقابل سه‌گانه در سطح ۱٪ معنی‌دار است. و پس از آن اثرات متقابل دوگانه و سه گانه‌ی تیمارها در سطح ۱٪ معنی‌دار شدند. نیاز سولفور و متابولیسم آن در گیاهان موثر از N مغذی است (هاوکس فورد و همکاران، ۱۹۹۵؛ ریوونی و همکاران، ۱۹۸۰)، در حالی که متابولیسم N شدیدا تحت تاثیر وضعیت S در گیاهان است (دایوک و همکاران،۱۹۸۶). شکل قابل استفاده گوگرد توسط گیاهان به صورت یون سولفات است (تیزدال و همکاران، ۱۹۹۳).گوگرد غیرکافی فعالیت نیترات ردکتازها را در ذرت کاهش می‌دهد (فردریک، ۱۹۸۷) و در نتیجه‌ی آن تجمع نیترات موقتی یا پایدار در ذرت، اسفناج و دانه‌ی روغنی و گندم رخ می‌دهد (دایتز، ۱۹۸۹). کمبود سولفور در لگوم‌ها فقط روی عملکرد تاثیر ندارد، بلکه روی تغذیه‌ی کیفی دانه‌ها نیز موثر است، زیرا متیونین بیشترین آمینواسید تاثیرگذار در کیفیت دانه‌ی لگوم‌هاست که در کمبود گوگرد کاهش داشته (فریدمن، ۱۹۹۶).

جدول۴-۱۴: نتایج تجزیه واریانس اثر قارچ میکوریزا، باکتری مزوریزوبیوم و کود سولفات آهن بر سولفات قابل جذب خاک

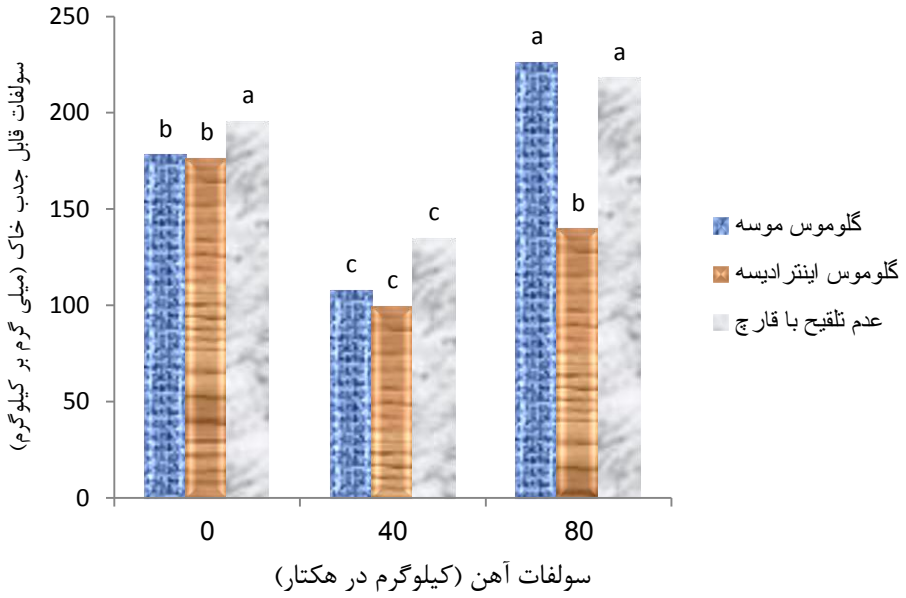
منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات سولفات قابل جذب خاک
تکرار	۲	۲۳۸۱/۴۹
قارچ (b)	۲	۱۶۴۸/۵۳ns
باکتری (a)	۱	۱۰۴۸/۰۸ns
کود سولفات آهن (k)	۲	۱۲۵۵۶/۲۱**
قارچ* باکتری (b*a)	۲	۳۹۴۶/۴**
قارچ *کود (b*k)	۴	۴۳۵۱/۶۵**
باکتری* کود (a*k)	۲	۵۵۴۱/۷۶**
قارچ*باکتری*کود (b*a*k)	۴	۲۱۳۹/۳۶**
خطا	۳۴	۵۹۶/۵۴۴

ns، * ،** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار بودن را در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد نشان می‌دهند.



شکل۴-۲۴. اثر متقابل میکوریز آربوسکولار و کود سولفات آهن در شرایط تلقیح با ریزوبیوم در میزان سولفات قابل جذب خاک

در شرایط تلقیح و عدم تلقیح با ریزوبیوم بیشترین مقدار سولفات قابل جذب خاک بترتیب معادل ۲۰۶/۴و ۲۲۵/۶ میلی گرم بر کیلوگرم در ترکیب تیماری گلوموس موسه و ۸۰ کیلوگرم در هکتار سولفات آهن بدست آمد (شکل۴-۲۴ و ۴-۲۵) که نکته‌ی جالب توجه مشاهده‌ی حداکثری غلظت گوگرد دانه در همین تیمار است که می‌توان دلیل جذب بالا را، در قابل جذب بودن سولفات خاک در این ترکیب تیماری ذکر کرد. همچنین لگوم‌ها نیتروژن را اساسا از همزیستی N_2 بدست می‌آورند ولی محیط و شرایط می‌تواند روی این همزیستی تاثیر گذاشته، از جمله کمبود سولفور نشان داده که غلظت N را در ساقه‌ها و دانه‌ی لگوم‌ها کاهش داده (اندرسون و اسپنسر، ۱۹۵۰). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که افزایش غلظت نیتروژن دانه که در ترکیب تیماری مشابه با افزایش سولفات قابل جذب خاک مشاهده شده، همخوانی با تحقیقات زائو و همکاران (۱۹۹۹) دارد.



شکل۴-۲۵. اثر متقابل میکوریز آربوسکولار و کود سولفات آهن در عدم تلقیح با ریزوبیوم در میزان سولفات قابل جذب خاک

۴-۳-۳ فسفر قابل جذب خاک

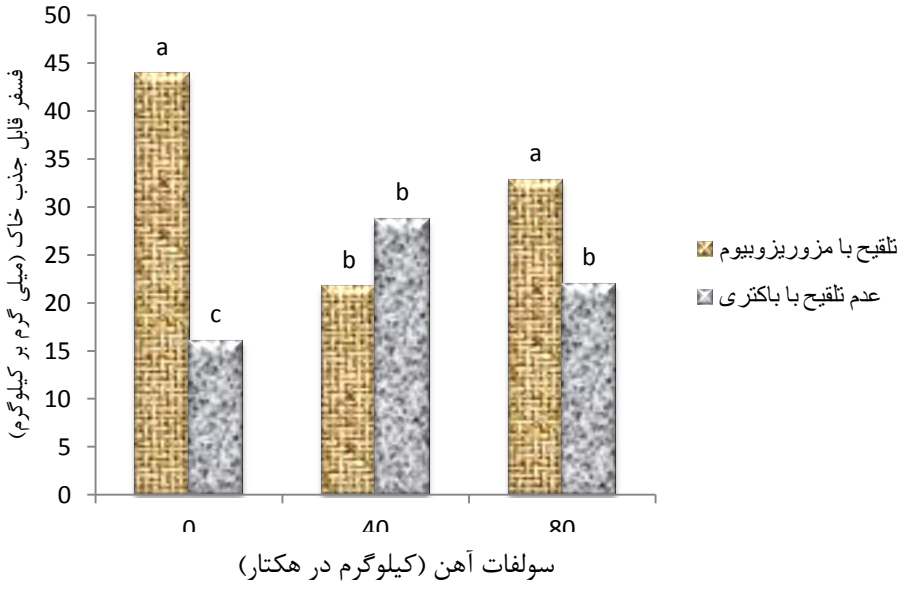
با توجه به جدول (۴-۱۵) تجزیه واریانس، باکتری مزوریزوبیوم و اثرات متقابل قارچ * باکتری و باکتری* کود بر این صفت در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. تنها اثر دوگانه‌ی قارچ * کود در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شد. در اثر متقابل کود سولفات آهن و باکتری مزوریزوبیوم (شکل۴-۲۶) بیشترین مقدار فسفر قابل جذب در تیمار تلقیحی با ریزوبیوم و عدم مصرف کود با ۴۳/۸۸ میلی گرم بر کیلوگرم و کمترین مقدار در تیمار شاهد با مقدار ۱۴/۱۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم مشاهده شد که می‌توان گفت وجود ریزوبیوم و نیاز بالای آن برای عمل تثبیت به فسفر علت افزایش فسفر قابل جذب خاک و عدم جذب توسط گیاه باشد. مقدار کل فسفر در ریزوسفر ممکن است بالا باشد ولی غالبا به شکل‌های غیر قابل استفاده توسط گیاهان است. علت کم بودن قابلیت دسترسی گیاهان به فسفر خاک این است که بیش از ۸۰ درصد آن بوسیله‌ی فرآیندهایی مانند برون جذبی، رسوب یا تبدیل به شکل‌های آلی به صورت غیرمتحرک و غیر

قابل استفاده برای گیاهان درمی‌آیند (اسچاچمن و همکاران، ۱۹۹۸). یکی از عوامل محدودکننده رشد گره‌ها فاکتور تثبیت فسفر است که نقش مهمی در سوخت وساز گره‌ها دارد. گیاهان تلقیح شده با AM نقش مهمی در جذب مواد مغذی بخصوص فسفر دارند به همین دلیل AM باعث بهبود بقاء و رشد بیشتر گیاهان در جوامع طبیعی می‌شوند (ایبیج بیجی، ۱۹۹۶). تلقیح دو گانه آربوسکولار و ریزوبیوم باعث هم افزایی اثرات مفید در رشد و عملکرد از طریق قابل جذب کردن عناصر می‌شوند و آنها را به عنوان Biofertilizers می‌شناسند (چامپاوات، ۱۹۹۰) و نقش حیاتی برای رشد حبوبات و جوامع گیاهی دارند (رائو و همکاران، ۱۹۸۶). هیف‌های قارچ به دلیل قطر کم شان نسبت به تارهای کشنده در منافذ ریزتری از خاک نفوذ می‌کنند (جکوبسن و همکاران، ۲۰۰۵). بنابراین جذب بیشتر فسفر در گیاهان میکوریزی به دلیل گسترش هیف‌ها (اسنف و همکاران، ۲۰۰۸) و توانایی رقابت آنها (تیبت و سندرس، ۲۰۰۲؛ کاواگنر و همکاران، ۲۰۰۵) با دیگر میکروارگانیسم‌ها برای جذب بیشتر فسفر می‌باشد. تسهیل انتقال فسفر از خاک به ریشه‌ی گیاهان (گئورگ و همکاران، ۱۹۹۵) و محلول ساختن آن به وسیله‌ی فسفاتاز (طرفدار و مارشنر، ۱۹۹۴) صورت می‌گیرد. میسیلیوم‌های خارجی قارچ عمدتا حاوی هیف و اسپورهای قارچی هستند. هیف‌های خارجی در خاک گسترده شده و یک سطح جذب بالایی را برای فسفر و مس (لی و همکاران، ۱۹۹۱)، روی (چن و همکاران، ۲۰۰۶) و یا نیتروژن (هاوکینگ و گئورگ، ۲۰۰۱) ایجاد می‌کنند. این توانایی بخوبی در شکل ۴-۲۷ با مقدار ۴۱/۲۱ میلی گرم بر کیلوگرم در تیمار گلوموس موسه و تلقیح با ریزوبیوم نمایانگر است.

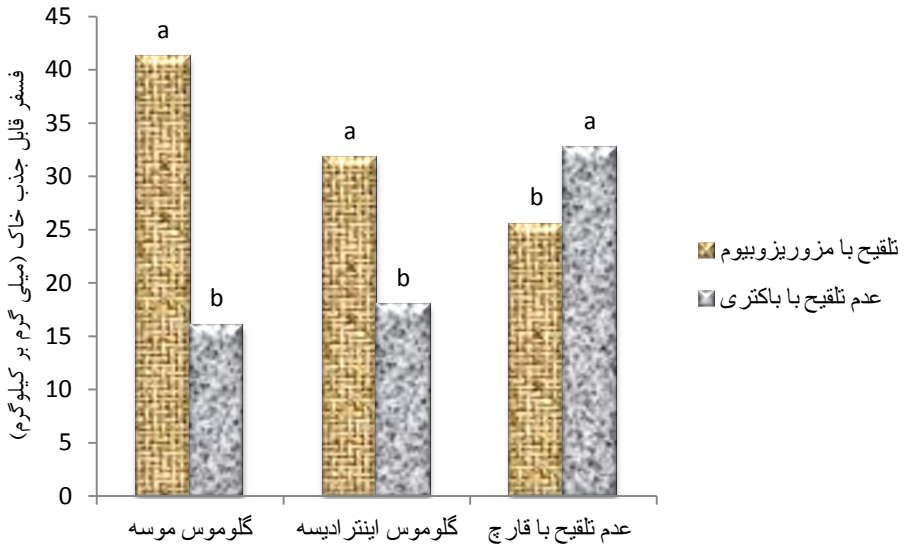
جدول۴-۱۵: نتایج تجزیه واریانس اثر قارچ میکوریز، باکتری مزوریزوبیوم و کود سولفات آهن بر فسفر قابل جذب خاک

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات فسفر قابل جذب خاک
تکرار	۲	۶۳۰/۱۹
قارچ (b)	۲	۸۳/۹۴ns
باکتری (a)	۱	۱۶۹۴/۸۴**
کود سولفات آهن (k)	۲	۶۵/۳۶ns
قارچ* باکتری (b*a)	۲	۱۳۴۳/۴۱**
قارچ *کود (b*k)	۴	۶۶۲/۹۵*
باکتری* کود (a*k)	۲	۱۵۲۰/۶**
قارچ*باکتری*کود (b*a*k)	۴	۱۵۹/۱۷۱ns
خطا	۳۴	۲۴۲/۹۵

ns، * ،** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار بودن را در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد نشان می‌دهند.



شکل۴-۲۶. اثر متقابل باکتری مزوریزوبیوم سیسری و کود سولفات آهن در میزان فسفر قابل جذب خاک



شکل ۴-۲۷. اثر متقابل میکوریز آربوسکولار و باکتری مزوریزوبیوم سیسری در میزان فسفر قابل جذب خاک

افزایش جذب فسفر به وسیله‌ی میکوریز به دلیل افزایش فسفر قابل دسترس در خاک می‌باشد (بولان، ۱۹۹۱). میکوریزا از طریق افزایش سطح جذب و با کاهش ناحیه تخلیه از فسفر به وسیله‌ی هیف‌های خارجی، این عنصر را در اختیار گیاه قرار می‌دهد (پیترسو و میسکوت، ۲۰۰۴؛ شنوی و کلگووی، ۲۰۰۵). خان و زیدی (۲۰۰۷) اظهار داشتند که فسفر قابل جذب خاک در اثر تلقیح با میکوریزا افزایش داشت. همچنین نتایج تحقیقات زایدی و همکاران (۲۰۰۳) نیز بیانگر افزایش فسفر قابل جذب خاک در اثر تلقیح با میکوریزاست.

۴-۴ نتیجه گیری

نتایج بدست آمده از این تحقیق به طور خلاصه شامل موارد زیر می‌شود:

۱- باکتری مزوریزوبیوم سیسری باعث افزایش مقدار کلروفیل، تعداد شاخه‌ی فرعی، عملکرد دانه، غلظت گوگرد و روی در دانه و فسفر قابل جذب در خاک گردید.

۲- تلقیح گیاه با میکوریز باعث افزایش صفات ارتفاع بوته، کلروفیل، شاخه‌ی فرعی، عملکرد دانه، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف، فسفر دانه، غلظت روی، آهن و گوگرد در بذر و در نهایت افزایش فسفر خاک گردید که در بیشتر موارد گونه‌ی گلوموس موسه موفق تر عمل نمود.

۳- کاربرد کود شیمیایی سولفات آهن موجب افزایش ارتفاع بوته، کلروفیل، شاخه‌ی فرعی، عملکرد دانه، تعداد دانه در غلاف و تعداد غلاف در بوته، مقدار گوگرد دانه، روی، درصد نیتروژن و پروتئین دانه و سولفات قابل جذب خاک شد که در بیشتر موارد ۸۰ کیلوگرم در هکتار موثرتر بود و در برخی صفات بین ۴۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.

۴- کاربرد ۸۰ کیلوگرم در هکتار سولفات آهن باعث کاهش اسیدیته‌ی خاک، درصد نیتروژن و پروتئین بذر و غلظت آهن دانه شد.

۵- تلقیح توام باکتری مزوریزوبیوم سیسری و قارچ میکوریز باعث افزایش همه‌ی صفات عملکرد بجز تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف گردید که نسبت به تلقیح جداگانه‌ی هر یک از دو کود زیستی موثرتر نشان داده شد.

۶- تلقیح توام کودهای زیستی (باکتری ریزوبیوم و قارچ میکوریز) به همراه کاربرد سولفات آهن در همه‌ی صفات مورد بررسی جز در ارتفاع بوته، گوگرد دانه، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف، فسفر قابل جذب خاک و میزان اسیدیته‌ی خاک معنی‌دار بود.

۷- استفاده از میکوریزا و ریزوبیوم و کود سولفات آهن صفات مورد آزمایش را نسبت به شاهد افزایش داد در این بین قارچ میکوریز تاثیر بسزایی بر صفات رشدی داشت.

بنابراین استفاده از کودهای زیستی در دراز مدت می‌تواند جایگزینی مناسب برای کودهای شیمیایی باشد و اثرات مطلوب زیست محیطی، اقتصادی و اجتماعی را بر جای بگذارد که علاوه بر تولید محصولی سالم می‌تواند در پایداری و حفاظت خاک نقش مهمی را ایفا کند.

۴-۵ پیشنهادها

۱- تکرار آزمایش در سال‌های آینده برای بررسی بیشتر کودهای زیستی و مطابقت آن با محصول.

۲- استفاده از سویه‌های مختلف ریزوبیوم به منظور دستیابی به گونه‌ی سازگار با نخود.

۳- بررسی بیشتر عناصر موجود در خاک و تنوع میکروبی قبل و پس از آزمایش.

۴- استفاده از سایر ریزمغذی ها برای ایجاد محصولی با کیفیت بالا.

۵- تنوع گونه‌های قارچی برای پی بردن به گونه‌ی سازگار با نخود و منطقه‌ی کشت شده.

۶- نمونه برداری های بیشتر در طی فصل رشد و اندازه‌گیری عناصر در بافت‌های گیاهی به منظور درک بهتر روند نقل و انتقال آن‌ها در گیاه.

۷- اندازه‌گیری میزان تثبیت نیتروژن در خاک و در گیاه با توجه به تلقیح ریزوبیوم.

۸- بررسی همزیستی ریشه میزبان با میکوریز و ریزوبیوم و تعیین میزان کلونیزاسیون ریشه.

منابع

احمدی، ع.، احسان زاده، پ. و جباری، ف. ۱۳۸۳. **مقدمه‌ای بر فیزیولوژی گیاهی** (ترجمه). جلد اول. انتشارات دانشگاه تهران.

آرزو، م. و حکمتی، ج. ۱۳۷۵. روش‌های تولید کمپوست. **مجله آب، خاک و ماشین**، شماره ۲۴، صفحات ۳۶ تا ۴۰.

آستارایی، ع. و عوض کوچکی، ع. ۱۳۷۵. **کاربرد کودهای بیولوژیکی در کشاورزی پایدار**. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۱۶۸ ص.

اسدی رحمانی، ه.، اصغرزاده، ا.، خاوازی، ک.، رجالی، ف. و ثوابی، غ. ۱۳۸۶ . حاصلخیزی **بیولوژیک خاک، کلیدی برای استفاده پایدار اراضی در کشاورزی** (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی واحد تهران. ص ۳۲۸.

بشارتی، ح. و صالح راستین، ن. ۱۹۹۹. بررسی تاثیر کاربرد مایه تلقیح باکتری های *Thiobacillus* همراه با گوگرد در افزایش قابلیت جذب فسفر. **نشریه علمی پژوهشی علوم خاک و آب**. جلد ۱۳، شماره ۱، صفحات ۲۳-۳۹.

پاسداری لقا، غ.، حسینی، م. ال.، فرجی، ه. و زارعی، ص. ۱۳۹۰" تاثیر سولفات روی بر عملکرد و پروتئین دانه لوبیا چیتی در منطقه‌ی سردسیر شمال استان فارس" دوازدهمین کنگره علوم خاک ایران. تیریز.

پارسا، م. و باقری، ع. ۱۳۸۷. **حبوبات** .انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

پور موسوی، س. م.، ۱۳۸۸. اثر استفادهاز کود دامی در شرایط تنش خشکی، بر عملکرد کمی و کیفی سویا. **مجله علوم گیاهان زراعی ایران**، دوره ۴۰، شماره ۱.

خاوری، ک. ۱۳۷۷. ضرورت تولید کودهای میکروبی در ایران. **مجله علوم خاک و آب** . ۱۲ (۳) : ۳۷-۳۸.

خلدبرین، ب. و اسلام زاده، ط.۱۳۸۰. **تغذیه معدنی گیاهان عالی**. انتشارات دانشگاه شیراز. ۴۹۵ صفحه.

خودشناس، م.ع.، وادیور، م.، اسدی رحمانی،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.

دانشی، ن.، اصغرزاده، ا. و افشاری، م. ۱۳۸۴. بررسی تاثیر مایه تلقیح ریزوبیومی در افزایش جذب عناصر غذایی کم مصرف در زراعت نخود. مجموعه مقالات نهمین کنگره علوم خاک ایران. جلد دوم. صفحه ۶۴-۶۷.

درزی، م. ت.، قلاوند، ا.، رجالی، ف.، سفیدکن، ف.، ۱۳۸۵"بررسی کاربرد کودهای زیستی بر عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه دارویی رازیانه(*Foeniculum vulgar*)" **فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران،** شماره۴، جلد۲۲، ص۲۷۶.

رضوانی، م.، زعفریان، ف.، اردکانی، م. ح.، فانی یزدی، ا.، رجالی، ف. و نورمحمدی، ق. ۱۳۹۰. بررسی کارآیی سویه های مختلف قارچهای میکوریزا در جذب آهن و روی در جو. مجموعه مقالات کنگره علوم خاک ایران، تبریز.

رمضان زاده، ح.، شاهین، الف. و ریحانی تبار، ع. ۱۳۸۶. برخی عوامل موثر بر جذب روی در یک خاک آهکی. مجموعه مقالات دهمین کنگره خاک ایران، کرج.

سالاردینی، ع. الف. ۱۳۷۴. **حاصل خیزی خاک**. انتشارات دانشگاه تهران، ۴۴۱ ص.

سیاح لاهیجی، ه. و نارونی، ن. ۱۳۷۲. **کمپوست**. انتشارات سازمان پارک‌ها و فضای سبز شهرداری تهران، ۵۶ ص.

سدری، م. ج. و ملکوتی، م. ج. ۱۳۷۷. تعیین حد بحرانی عناصر ریز مغذی در مزارع گندم کردستان. **مجله علمی پژوهشی خاک و آب. موسسه تحقیقات خاک و آب.**

سلیمی، ح. ۱۳۸۹، پایان نامه ارشد: "بررسی اثرات پرایمینگ، باکتری ریزوبیوم و کود آلی بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود" دانشکده ی کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود.

شیرانی راد، ا.، علیزاده، ع.، هاشمی دزفولی، ا. ۱۳۷۹. بررسی اثر قارچ میکوریزا وزیکولار- آربوسکولار، باکتری *Bradyrhizobium japonicum* و فسفر بر کارآیی جذب برخی از عناصر غذایی در سویا. **نشریه علمی پژوهشی نهال و بذر.**جلد۱۶شماره۳، صفحه ۱۷۲-۱۹۱. موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر.

صالح راستین، ن. ۱۳۷۷. کودهای بیولوژیک. **مجله علوم آب و خاک**. ۱۲ (۳) : ۱-۳۶.

صباغ پور، س ح. کومار، ج. رائو، و. ۱۳۸۵. بررسی توارث تعداد غلاف در ساقه گل و تاثیر آن بر سایر صفات در گیاه نخود . **مجله علوم کشاورزی و منابع** . جلد ۱۳، شماره ۳.

عامریان، م. ۱۳۸۳. تاثیر خشکی و قارچ میکوریزی بر فتوسنتز، رشد و پتانسیل آب برگ در گیاه ذرت. **مجله علوم فنون،** دانشگاه صنعتی شاهرود، شماره‌های ۴ و ۵.

علیزاده، الف. ۱۳۸۶. اثرات میکوریزا در شرایط متفاوت رطوبت خاک بر جذب عناصرغذایی در ذرت. **مجله پژوهش در علوم** کشاورزی. سال سوم. شماره اول. صفحه ۱۰۱- ۱۰۸.

علیزاده، الف. ۱۳۸۶. **اصول زراعت**. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد فیروزآباد.۱۶۴ صفحه.

قلاوند، ا.، آ. حمیدی، دهقان شعار،م. ج. ملکوتی،ا. اصغرزاده و ر. چوکان.۱۳۸۵. کاربرد زیستی (بیولوژیک) ، راهبردی بوم شناختی برای مدیریت پایدار بوم نظام های زراعی. نهمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. مقالات کلیدی : ۲۰۰-۲۲۴. دانشگاه تهران.

قاسمی پیربلوطی، ع. ا.، دادی، ا. ا.، اکبری، غ. ع. و گل پرور، ا. ر. ۱۳۸۳. " تایر تلقیح ارقام لوبیا با باکتری ریزوبیوم لگومینوزاروم بیوار فازئولی (*R. leguminosarum biovar phaseoli*) بر عملکرد دانه و تثبیت نیتروژن در منطقه شهرکرد" **پژوهش های زراعی ایران**. ۲(۱). صفحات ۵۵ تا ۶۵.

کافی، م.، زند، ا.، کامکار، ب.، شریفی، ح. و گلدانی، م. ۱۳۸۴. **فیزیولوژی گیاهی** (جلد دوم)، چاپ چهادهم، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۳۷۹ صفحه.

کاظمی، ش.، گالشی، س.، قنبر، ا. و کیانوش، غ. ۱۳۸۴. بررسی آثار تاریخ کشت و تلقیح بذر با باکتری بر عملکرد و اجزاء عملکرد در رقم سویا، **مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی**. ۱۲ (۴): ۲۶-۲۰.

کوچکی، ع. و سرمدنیا، غ. ۱۳۸۴. **فیزیولوژی گیاهان زراعی** (ترجمه)، چاپ یازدهم، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۴۰۰ صفحه.

کوچکی، ع. و بنایان، م. ۱۳۷۲. **زراعت حبوبات**. جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۶۳ صفحه.

گنجعلی، ع. و نظامی، ا. ۱۳۸۹. **اکوفیزیولوژی و محدود کننده‌های عملکرد حبوبات**، درایران : حبوبات، پارسا، م. و باقری، ع. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

مجنون حسینی، ن.، توکل افشاری، ر. و عباس نژاد، ا. ۱۳۸۷. اثر پرایمینگ بر عملکرد ژنوتیپ‌های نخود زراعی (*Cicer arietinum* L.) در شرایط مزرعه. خلاصه مقالات اولین همایش علوم و تکنولوژی بذر ایران. گرگان. ۲۲ و ۲۳ آبان ماه.

مرادی، ص.، بشارتی، ح.، فیضی اصل، و.، نادیان، ح. ا.، کریمی، ا. و گلچین، ا.، (۱۳۸۸) "بررسی اثر سطوح مختلف رطوبت، میکوریز و ریزوبیوم در تاریخ سبز کردن، زمان گلدهی وصفات مورفولوژیک نخود" یازدهمین کنگره علوم خاک ایران،ص ۲۴۳، گرگان.

معزاردلان، م. و ثواقبی فیروزآبادی، غ. ر. ۱۳۸۱. **مدیریت حاصلخیزی خاک برای کشاورزی پایدار**. انتشارات دانشگاه تهران.

Akhtar, M.S. and Siddiqui, Z.A. 2007. Effects of *Glomus fasciculatum* and *Rhizobium* sp. on the growth and root-rot disease complex of chickpea. **Archives of Phytopathology and Plant Protection 40, 37-43.**

Akiyama, K. and Hayashi, H. **2006**. Strigolactones: chemical signals for fungal symbiosis and parasitic weeds in plant roots. **Ann Bot 97:925–931.**

Akiyama, K. Matsuzaki, K. and Hayashi, H. **2005**. Plant sesquiterpenes induce hyphal branching in arbuscular mycorrhizal fungi. **Nature 435:824–827.**

Al-Karaki, G. N. and Clark, R. B. **1998**. Growth, mineral acquisition and water use by mycorrhizal wheat grown under water stress**. J. Plant Nutr., 21, pp 263.**

Al-Karaki, G. N. **2006**. Nursery inoculation of tomato with arbuscular mycorrhizal fungi and subsequent performance under irrigation with saline water. **Sci. Hortic., 109,**pp **1.**

Al-Karaki, G.N. and Al-Raddad, A. **1997**. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress on growth and nutrient uptake of two wheat genotypes differing in drought resistance. **Mycorrhiza 7, 83-88.**

Ali, M.E., Khanam, D., Bhuiyan, M.A.H., Khatun, M.R and Talukedr, M.R. **2008**. Effect of rhizobium inoculation to different varieties of gardenpea (*Pisum sativum* L.). **J.Soil.Nature. 2 (1):30-33.**

Alloush, G.A., Zeto, S.K. and Clark, R.B. **2000.** Phosphorus source, organic matter, and arbuscular mycorrhiza effects on growth and mineral acquisition of chickpea grown in acidic soil.**Journal of Plant Nutrition 23, 1351-1369.**

Almas Zaidi, M.D., Saghir Khan, M.D. and Amil, A. **2003**. Interactive effect of rhizotrophic microorganisms on yield and nutrient uptake of chickpea *(Cicerarietinum* L.*)* **Eur.J. Agron. 19: 15–21**.

Ambrasano, E.J., Tanaka, R.T., Miranda, M. and Mascarenhus, H.A.A. **1990**. Boron-deficiency in beans (*Phaseolus vulgaris L*.) grown on soil derived from a varzea. **Revista-de-Agric. Piracicaba.65:37-46.**

Anderson, A. J. and Spencer, D. **1950**. Sulphur in nitrogen metabolism of legumes and non-legumes. Aust. **J. Sci. Res. B. 3, 431–449**.

Asghari, H.R., Chittleborough, D.J., Smith, F.A. and Smith, S. E. **2005**. Influence of arbuscular mycorrhizal (AM) symbiosis on phosphorus leaching through soil cores. **Plant and Soil. 275(1-2):181-193.**

Aroca. R., Vernieri, P. and Ruiz-Lozano, J. M. **2008**. Mycorrhizal and nonmycorrhizal Lactuca sativa plants exhibit contrasting responses to exogenous ABA during drought stress and recovery. **J Exp Bot 59:2029–2041**.

Azcón, R. and EI-Atrash, F. 1997. Influence of arbuscular mycorrhizae and phosphorus fertilization on growth, nodulation and N2 fixation (^{15}N) in *Medicago sativa* at four salinity levels. **Biology and Fertility of Soils 24, 81-86.**

Balali, M. R., Malakouti, M. J., Zeyaian, A. H., Khogar, Z., Farajnia, A., Kalhor, M., Lotfollahi, M., Golchin, A., Majidi, A., Ghaderi, J., Kazemi Talachi, M. 2001. Yield and quality of irrigated wheat as affected by different methods of application of micronutrients in different provinces of Iran. Iranian Journal of Soil and Water Sciences, 15(2): 140-153.Tehran, Iran.

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

Berrada, A.F., Shivakumar, B.G. and Yaduraju, N.T. 2007. Chickpea in cropping systems. In: Yadav, S.S., Redden, R.J., Chen, W., Sharma, B. (eds.). Chickpea breading and management. **CAB International, UK,** pp**. 193-212.**

Besserer, A., Bécard, G., Roux, C. and Séjalon-Delmas, N. 2009. Role of mitochondria in the response of arbuscular mycorrhizal fungi to strigolactones. **Plant Signal Behav 4:75–77.**

Bharathi, C. and Poongothai, S. 2008. Direct and residual effect of sulphur on growth, nutrient uptake, yield and its use efficiency in maize and subsequent greengram. **Research Journal of Agriculture and Biological Science, 4(5):368-372.**

Bhuiyan, M.A.H., Khanam, D., Hossain, M.F and Ahmed, M.S. 2008. Effect of rhizobium inoculation on nodulation and yield of chickpea in calcareous soil. **Bangladesh J. Agril. Res. 33(3) : 549-554.**

Bhuiyan, M.A.H., Khanam, D., Khatun, A., Hossain, A.K.M. and Islam, M.S. 2001. Nodulation, dry matter weight and grain yield of chickpea as influenced by *Rhizobium* inoculation. **Bangladesh J. Agril. Res. 26(3): 463-466.**

Bhuiyan, M.A.H., Khanam, D., Khatun M. R. and Hassan. M.S. 1998. Effect of molybdenum, boron and *Rhizobium* on nodulation, growth and yield of chickpea. **Bull. Inst. Trop. Agric., Kyushu Univ. 21: 1-7.**

Bi, Y.L., Li, X.L., Christie, P., Hu, Z.Q., Wong, M.H., 2003. Growth and nutrient uptake of arbuscular mycorrhizal maize in different depths of soil overlying coal fly ash. **Chemosphere 50, 863-869.**

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

Blagrove, R. J., Gillespie, J. M. and Randall, P. J. 1976. Effect of sulphur supply on the seed globulin composition of *Lupinus angustifolius*. **Aust. J. Plant Physiol. 3, 173–184**.

Bolan, N.S. 1991. A critical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants. **Plant and Soil 134, 189-207**.

Brown, P. H., Cacmak, I. and Zhang, Q. **1993**. **Form and function of zinc in plants**. PP.**93-106**. In: A. D. Robson(Ed). Zinc in Soil and Plants. Kluwar Academic Publishers. Dordecht, The Netherland.

Bucio, J. L., Campos-Cuevas, J. C., Hermandez-Calderon, E., Valasquez-Bacerra, C., Faria-Rodriguez, R., Macias-Rodriguez, L. I. and Valencia-Cantero, E. **2007**. *Bacillus megaterium* rhizobacteria promote growth and alter root system architecture through an auxin and ethylene-independent signaling mechanism in *Arabidopsis thaliana*. **J. Mol. Plant Microb. Interactions., 20,** pp **207.**

Calderón, F. J., McCarty, G. W., Van Kessel, J. A. S. and Reeves, J. B. **2004**. Carbon and Nitrogen Dynamics During Incubation of Manured Soil . **Soil Sci. Soc. Am.J. 68:1592-1599.**

Cardoso, I., and M.T.W. Kuyper. **2006**. **Mycorrhizas and tropical soil fertility**. Agriculture, Ecosystems and Environment, **116: 72-84.**

Carletti, S. 2002. Use of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria in plant micropropagation www. ag. Auburn. Edu/argentina/pdfmanuscripts/ carletti. Pdf.

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

Cavagnaro, T.R. **2008**. The role of arbuscular mycorrhizas in improving plant zinc nutrition under low soil zinc concentrations: a review. **Plant and Soil 304, 315-325**.

Chalk, P.M., de Souza, R.F., Urquiaga, S., Alves, B.J.R., and Boddey, R.M. **2006**. The role of arbuscular mycorrhiza in legume symbiotic performance. **Soil Biology and Biochemistry 38, 2944-2951.**

Champawat, R.S., **1990**. Response of chickpea (*Cicer arietinum*) to Rhizobium and vesicular arbuscular mycorrhiza dual inoculation. **Acta Microbiol. Pol. 39 (3/4), 163–169**.

Chen Y. P., Rekha P. D., Arunshen A. B., Lai W. A. and Young C. C. **2006**. Phosphate solubilizing bacteria from subtropical soil and their tricalcium phosphate solubilizing abilities Appl. **Soil Ecol., 34,** pp **33.**

Chen, B.D., Li, X.L., Tao, H.Q., Christie, P. and Wong, M.H., **2003**. The role of arbuscular mycorrhiza in zinc uptake by red clover growing in a calcareous soil spiked with various quantities of zinc. **Chemosphere, 50(6): 839-846.**

Christie, P., Li, X.L. and Chen, B.D. **2004**. Arbuscular mycorrhiza can depress translocation of zinc to shoots of host plants in soils moderately polluted with zinc. **Plant and soil 261, 209-217.**

Clark, R.B. and Zeto, S.K. **1996**. Iron acquisition by mycorrhizal maize grown on alkaline soil. **Journal of Plant Nutrition 19, 247-264.**

Clark, R.B. and Zeto, S.K. **2000**. Mineral acquisition by arbuscular mycorrhizal plants. **Journal of Plant Nutrition 23, 867-902**.

Colto. And Potter. T. **2001**. History canola, canola council of Canada. **Iran agronomy research J. 1(2) : 97-110.**

Dietz, K. J. **1989** Leaf chloroplast development in relation to nutrient availability. **J. Plant Physiol. 134, 544–550.**

Diope, T.A. and Krasova-wade, T. Diallo, A. Diouf, M. Gueye, M. **2003**. Solanum cultivar responses to arbuscular mycorrhizal fungi: growth and mineral status. **Africal Journal of Biotechnology. Vol.(2) 11: 429-433.**

Duponnois, R., Galiana, A. and Prin, Y. **2008**. The mycorrhizosphere effect: a multitrophic interaction complex improves mycorrhizal symbiosis and plant growth. In: Siddiqui, Z.A., Akhtar, M.S., Futai, K. (eds.). Mycorrhizae: sustainable agriculture and forestry. **Springer and Business Media B.V., pp. 227-240.**

Duponnois, R., Galiana, A. and Prin, Y. **2008**. The mycorrhizosphere effect: a multitrophic interaction complex improves mycorrhizal symbiosis and plant growth. In: Siddiqui, Z.A., Akhtar, M.S., Futai, K. (eds.). Mycorrhizae: sustainable agriculture and forestry. **Springer and Business Media B.V.,** pp**. 227-240.**

Drew, E.A., Murray, R. S. and Smith, S. E. **2006**. Functional diversity of external hyphae of AM fungi: ability to colonise new hosts is influenced by fungal species, distance and soil conditions. **Applied soil Ecology, 32:350-365**.

Duke, S. H. and Reisenauer, H. M. 1986. **Roles and requirements of sulfur in plant nutrition**. *In* Sulfur in Agriculture, Agronomy Monograph no. 27. Ed. M A Tabatabai. pp

123-168. American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin.

Eusuf Zai, A.K., Solaiman, A.R.M. and Ahmed, J.U. **1999**. Response of some chickpea varieties to *Rhizobium* inoculation in respect of nodultion, biological nitrogen fixation and dry matter yield. **Bangladesh J. Microbiol. 16(2):135-144.**

Eide, D., Broderius, M., Fett, J. and Guerinot, M. L. A novel ironregulated metal transporters from plants identified by functional expression in yeast. **Proc Natl Acad Sci USA 1996;93:5624–8.**

El-Ghandour, I.A. and Galal, Y. G. **2002**. Nitrogen fixation and seed yield of chickpea cultivars as affected by microbial inoculation, crop residue and inorganic N fertilizer. **Egyptian Journal of Microbiology, 37: 233-246.**

El-Ghandour, I.A., Ei-Sharawy, M. A. O. and Abdel-Moniem, E.M. **1996**. Impact of vesicular arbuscular mycorrhizai fungi and *Rhizobium* on the growth and P, N and Fe uptake by faba-bean. **Fertilizer Research 43, 43-48**.

El-Ghandour, I.A. and Galal, Y.G.M. **2002**. Nitrogen fixation and seed yield of chickpea cultivars as affected by microbial inoculation, crop residue and inorganic N fertilizer. **Egyptian Journal of Microbiology 37, 233-246.**

El Hadi. E.A. and Elsheikh, E. A. E. **1999**. Effect of *Rhizobium* inoculation and nitrogen fertilization on yield and protein content of six chickpea (*Cicer arietinum* L.) cultivars in marginal soils under irrigation. **Nut Cycl Agroecosys, 54: 57–63.**

El sheikh, E. A .E. **1992**. Effect of salinity on growth, nodulation and nitrogen yield of inoculated and nitrogen fertilized chickpea (*Cicer arietinum* L.). Arch Biotechnol 1: 17–2.

Elwan, L. M. **2001**. Effect of soil water regimes and inoculation with mycorrhizae on growth and nutrients content of maize plants. **Zagazig J Agric. Res. 28:163-172.**

Erman, M., S. Demir, E. Ocak, S. Tüfenkçi, F. Oğuz, and Akköprü, A. **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**.

Evans, H.J., Rossel, S.A., **1971**. Physiological chemistry of symbiotic nitrogen fixation by legumes. In: Postgate, J.R. (Ed.), The Chemistry and Biochemistry of Nitrogen Fixation. **Plenum Press, New York, pp. 191–244.**

Evans, J., **2005**. An evaluation of potential Rhizobium inoculant strains used for pulse production in acidic soils of south-east Australia. Aust. **J. Exp. Agric. 45, 257–268.**

Fajemilehin, S.O.K., Babayemi, O.J. and Fagbuaro, S.S. **2008**. Effect of anhydrous magnesium sulphate fertilizer and cutting frequency on yield and chemical composition of *Panicum maximum.* **African Journal of Biotechnology, 7(7): 907-911**.

F.A.O.2004.http://www.FAOSTAT.htm.

Fisher, K. and Newton, W.E. **2002**. Nitrogen fixation: a general overview. In: Leigh, G.J. (ed.). Nitrogen fixation at the millennium. **Elsevier, UK, pp. 1-34**.

Flavio, H., Gutierrez, B., Prystupa, P. and Gustavo, F. **2007**. Seed number and yield determination in sulfur deficient soybean crops**. J. of Plant Nutri. 30:1, 93-104.**

Fox, T.C., Shaff, J. E., Grusak, M. A., Norvell, W.A., Chen, Y., Chaney, R.L. and Kochian, L. V. Direct measurement of 59Fe labeled Fe2+ influx in roots of pea using a chelator buffer system to control free Fe in solution. **Plant Physiol 1996;112:93–100.**

Friedrich, J. W. and Schrader, L. E. **1978**. Sulfur deprivation and nitrogen metabolism in maize seedlings. **Plant Physiol. 61, 900–903.**

Friedman, M. **1996**. Nutritional value of proteins from different food sources: a review. J. **Agri**. **Food Chem. 44, 6–29.**

Gamper, H., Peter, M., Jansa, J., Lüscher, A., Hartwig, U.A. and Leuchtmann, A. **2004.** Arbuscular mycorrhizal fungi benefit from 7 years of free air CO2 enrichment in well-fertilized grass and legume monocultures. **Global Change Biology 10, 189-199.**

Gan, Y.T., Jayakumar, P., Symons, S. and McDonald, C.L. **2008**. Synergic effect of N and moisture on biochemical property of nodules and seed yield in chickpea. **Australian Journal of Crop Science 1, 11-22.**

Garcia, C., Roldan, A. and Hernandez, T. **2005**. Ability of different plant species to promote microbiological processes in semiarid soil. **Geoderma. 124(1-2):193-202**.

Garg, N. and Chandel, S. **2011**. "Effect of mycorrhizal inoculation on growth, nitrogen fixation and nutrient uptake in *Cicer arietinum* (L.) under salt stress" **Turk. J. Agric. For.,** pp **1-35.**

Gaur, A.C. **2006**. Biofertilizers in Sustainable Agriculture, Indian Council of Agricultural Research, New **Delhi, viii, 288 p.**

Gavito, M.E., Curtis, P.S., Mikkelsen, T.N. and Jakobsen, I. **2000**. Atmospheric CO2 and mycorrhiza effects on biomass allocation and nutrient uptake of nodulated pea (*Pisum sativurn* L.) plants. **Journal of Experimental Botany 51, 1931-1938.**

Gavito, M. E. and Miller, M. H. **1998**. "Changes in mycorrhiza development, dry matter

partitioning and yield of maize" **Plant Soil., 199,** pp **177.**

Gayler, K. R. and Sykes, G. E. **1985**. Effects of nutritional stress on the storage proteins of soybeans. **Plant Physiol. 78, 582–585**.

George, E., Marshner, H. and Jakobsen, I. **1995**. Role of *Arbuscular mycorrhizal* fungi in uptake of phosphorus and nitrogen from soil. **critical Review of Biotechnol. 15:257-270.**

George, E., Haussler, K.U., Vetterlien, D., Gorgus, E. and Marschner, H., **1992**. Water and nutrient translocation by hyphae of *Glomus mosseae***. Canadian Journal of Botany, 70(11): 2130-2137.**

Ghosh, D. C. and Patra, A. K. **1993**. Effect of plant density and fertility levels on growth and yield of sesame in dry seasons of Indian sub tropics. **Indian Agric. 37: 83-87.**

Giller, K.E. and Wilson, K.J. **1991**. Nitrogen fixation in tropical cropping systems. C.A.B.International, Alfalfa genotype differ in their abilityto tolerate zinc deficiency**. Plant and Soil, 214:39-48.**

Giri B., Kapoor R. and Mukerji K. G. **2002** ―VA mycorrhizal techniques/VAM technology in establishment of plants under salinity stress condition‖ In: Mukerji K.G., Manoracheir C., and Singh, J. (eds) ―Techniques in mycorrhizal stueies‖. **Kluwer, Dordrecht.** pp**313-327.**

Graham, JH; Miller, RM. **2005**. Mycorrhizas: Gene to function. **Plant and Soil. 274(1-2):79-100.**

Graham, P.H. **2001**. Nitrogen fixation. In: Robinson, R. (ed.). **Plant science.** Volume **3. Gale Group, Macmillan Reference, USA,** pp**. 91-95.**

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

Grunwald, U., Guo, W., Fischer, K., Isayenkov, S., Ludwig-Müller, J., Hause, B., Yan, X., Küster, H. and Franken, P. **2009**. Overlapping expression patterns and differential transcript levels of phosphate transporter genes in arbuscular mycorrhizal, Pi-fertilised and phytohormone-treated Medicago truncatula roots. **Planta 229:1023–1034**.

Gueye, M. **1992**. Effect of *Rhizobium* and *Rhizobium*/*Glomus* inoculation on nitrogen fixation in bambara groundnut. In: Mulongoy, K., Gueye, M., Spencer, D.S.C. (eds.). Biological nitrogen fixation and sustainability of tropical agriculture. **A co-publication with Sayce publishing (UK), IITA and AABNF (Nijeria), pp. 283-288.**

Guo, R.Q., Silsbury, J.H. and Graham, R.D. **1992**. Effect of four nitrogen compounds on nodulation and nitrogen fixation in faba bean, white lupin and medic plants. **Australian Journal of Plant Physiology 19, 501-508.**

Gupta, S.C. and S.L. Namdeo. **1996**. Effect of *Rhizobium* strains on symbiotic traits and grain yield of chickpea. **Indian J. Pulses Res. 9(1): 94-95**.

Hamel, G. and Smith, D. L. **1991**. interspecific N-transfer and plant development in a Mycorrhizal fieldgrown mixtyr.**soil Biolo and Bio ch. 23:661-665**.

Har, G. W., Dilworth, M. J., Boonkerd, N. and Parkpain, P. 1988. Iron efficiency specifically limits nodue development in peanut inoculated with Brady rhizobium sp.

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.**

Hause, B., Mrosk, C., Isayenkov, S. and Strack, D. **2007**. Jasmonates in arbuscular mycorrhizal interactions. **Phytochemistry 68:101–110.**

Harris, D. A., Rashid, G., Miraj, M., Arif and H. Shah . **2007** . On-farm seed priming with zinc sulphatesolution a cost – effective way to increase the maize yields of resource poor farmers **. Field . Crop . Res . 102 (2) :119 – 127.**

Hawkins, H.J. and George, E., **2001**. Reduced 15Nnitrogen transport through arbuscular mycorrhizal hypha to *Triticum aestivum* L. supplied with ammonium vs. nitrate nutrition. **Annals of Botany, 87(3): 303-311.**

Hawkesford, M. J., Schneider, A., Belcher, A. R. and Clarkson, D. T. **1995**. Regulation of enzymes involved in the sulphur-assimilatory pathway. Z. Pflanzenernä. **Bodenk. 158, 55–57.**

Hulse, J.H. **1994**. Nature, composition, and utilization of food legumes. In: Muehlbauer, F.J., Kaiser, W.J. (eds.). Expanding the production and use of cool season food legumes. **Kluwer Academic Publishers, Dordecht, pp.77-98.**

Ilbas, A.I. and Sahin, S., **2005**. *Glomus fasiculatum* inoculation improves soybean production. **Acta Agriculture Scandinavica Section B-Soil and Plant Science, 55(4): 287-292**

Ibijbijen, J., Urquiaga, S., Ismaili, M., Alves, B.J.R. and Boddey, R.M. **1996**. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on growth, mineral nutrition and nitrogen fixation of three varieties of common beans. **New Phytologist 134, 353-360**.

ICRISAT (International Crop Reaserch Inistute or the Semi-Arid Tropics). 2010. **Chickpea Seed Production Manual.**

ICRISAT. 1978. **Annual Report**, 1977-78. Patancheru, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, 295 pp.

Içgen, B., Özcengiz, G. and Alaeddinoglu, G. **2002**. Evaluation of symbiotic effectiveness of various Rhizobium cicer strains. **Res. Microbiol. 153: 369–372.**

Isayenkov, S., Mrosk, C., Stenzel, I., Strack, D. and Hause, B. **2005**. Suppression of allene oxide cyclase in hairy roots of Medicago truncatula reduces jasmonate levels and the degree of mycorrhization with Glomus intraradices. **Plant Physiol** 139:1401–1410.

Islam, M., Safdar, A. and Hayat, A. **2009**. Effect of integrated application of phosphorus and sulphur on yield and micronutrient uptake by chickpea (Cicer arietinum). **International Journal of Agriculture and Biology,11:33-38.**

Jakobsen, I., Gazey, C. and Abbott, I. K. **2001**. Phosphate transport by communities of arbuscular mycorrhizal fungi in intact soil cores. **New Phytol., 149,** pp **95**.

Jia, Y., Gray, V.M. and Straker, C.J. **2004**. The Influence of *Rhizobium* and arbuscular mycorrhizal fungi on nitrogen and phosphorus accumulation by *Vicia faba*. **Annals of Botany 94, 251-258.**

Johnson, G. V. 1975. **Cause and Effects of Soil Acidity**. Oklahoma Cooperative Extension Fact Sheets. F-2239.

.

Jolley, V. D., Cook, K. A., Hansen. N. C. and Steven, W. B.**1996**. Plant Physiological responses for genotype evaluation of Fe. **J. Plant. Not. 19 (819). P.124-125.**

Joner, E. J. and Johansen, A. **2000**. Phosphatase activity of external hyphae of two arbuscular mycorrhizal fungi. **Mycol. Res., 104, pp 81.**

Jotor, P. P. and Reddy, A. R. **2007**. Isolation, purification and propertese of new restriction endonucleases ffrom Bacillus badius and Bacillus lentus. **Microbiol res. 162: 378- 383.**

.

Kachhavae, K. G., Gawand, S. D. and Kohire, O. D. **1997**. up take of nutrients by chickpea, **J. Indian soc soil sci . 45:590-591.**

Kalbasi, M., Filsoolf, F. and Rezai- Nejad, Y. **1998**. Effect of sulfur treatment on tield and uptake of Fe, Zn and Mn by corn, soghum and bean. **J. Plant Nutr., 11:1353-1360.**

Kantar, F., Elkoca, E., Ogutcu, H. and Algur, O. F. **2003**. Chickpea yield in relation to *Rhizobium* inoculation from wild chickpea at high altitudes. **J. Agron. Crop Sci. 189: 291-297.**

Kaplan, M. and Orman, S. **1998**.effect of elemental. sulfur containing waste in a calcareous soil in Tukey. **Jurnal Plant Nutr. 21:1655-16650.**

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

Khan, A.G. 2005. Mycorrhizas and phytoremediation. In: Willey N, editor. Method in biotechnology—phytoremediation: methods and reviews. Totowa, USA: Humana Press.

Khaliel, A. S. and Sohaibani, S. A. **1993**. Mycorrhizal Corn Growth in response to different iron levels. **J. King Saudi Univ.,** Vol**. 6, Science (1),** pp**. 5-11 (A.H.1414/1994).**

Khaldbarin, B., Eslam-Zadeh, T., **2001**. **Mineral nutrition of plants (translated)**, Volume 1; Shiraz university publications.

Khan, M. S. and Zaidi, A. **2007** .Synergistic effects of the inoculation with plant growth promoting rhizobacteria and an arbuscular mycorrhizal fungus on the performance of wheat. **Turk J. Agric. For., 31, pp 355**.

Kochaki, A., Jahan, M. and Nassiri Mahallti, M. 2008. Effects of arbuscular mycorrhizafungi and free-living nitrogen-fixing bacteria on growth characteristic of corn (*Zea mays* L.) under organic and conventional cropping systems. 2nd conference of the international society of organic agriculture research (ISOFAR). Modona. Italia.

Koide, R. T. and Kabir, Z. **2000**. Extraradical hyphae of the mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* can hydrolyse organic phosphate. **New Phytol., 148, pp 511.**

Laegreid, M., Bockman, O. C. and Kaarstad, E. O. **1999**. Agriculture, Fertilizer and, Environment . **CABI publishing, pp 294.**

Lanyon, L.E. and Griffith, W.K. **1988** . Nutritionand fertilizer use. In: Hanson, A. A. (ed.) , Alfalfa and alfalfa improvement. **Agronomy No. 29, Madison, WI.**

Lekberg, Y. and Koide, R.T. **2005**, Is plant performance limited by abundance of arbuscular mycorrhizal fungi? A meta-analysis of studies published between 1988 and 2003. ***New Phytol.* 168: 189–204.**

Li, T., and Zhiwei, Z. **2005**. Arbuscular mycorrhizas in a hot and arid ecosystem in southwest China. **Applied soil Ecology. 29:135-141.**

Li, X.L., George, E. and Marschner, H., **1991**. Extension of phosphorus and deplation zone in VAmycorrhizal with clover in a calcareous soil. **Plant and Soil, 136: 41-48.**

Liuch, C., Campose, J. A. and Ligero, F. **1983**. Effect of nitrogen and sulfur fertilization and seed inoculation with Rhizobium Leguminosarum bv. Phaseoli on the nitrogen- sulfur relationship of bean (*phaseolus vulgarise L.*). **J. of Plant Nutr. 6(12): 1033-1042.**

Ludwig-Muller, J. **2000**. Indole-3-butyric acid in plant growth and development. **Plant Growth Regul 32:219–230.**

L'taief, B., Sifi, B., Gtari, M., Zaman-Allah, M. and Lachaal, M. **2007**. Phenotypic and molecular characterization of chickpea rhizobia isolated from different areas of Tunisia. **Canadian Journal of Microbiology 53, 427-434.**

Mahmoudi, H., Ksouri, R., Gharsalli, M. and Lachaal, M. **2005**. Differences in responses to iron deficiency between two legumes: lentil *(Lens culinaris*) and chickpea (Cicer arietinum). **Journal of Plant Physiology 162 (2005) 1237—1245.**

Malakooti, M.J., Tehrani.M., 2006.Efects of micronutrients on the Yield and Quality of Agricultural Products (Micro-Nutrients with Macro- Effects).Academic works publication office of Tarbiyat modares university with Soil and Watter Institute cooperation.

Marschner, H. **1993**. Zinc in soil and plant, ED. A. D. Robon. **Kluwer Academic Publishers, Drodrcht the Netherlands, 55-77.**

Marshner, H. and Dell, B. **1994**. **Nutrient uptake in Mycorrhizal symbiosis plant soil1**. 59: 89-102.

Marschner, H. **1995**. Mineral nutration of higher plants**. Academic press. London.448.pp.**

Mckersie, B. D. and Leshem, Y. Y. 1994. Stress and stress coping in cultivated plants. Kluwer Academic publishers. Dordrecht. The Nether lands.

McGonigle, T.P. **1988**, A numerical analysis of published field trials with vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Func.* ***Ecol.*** **2: 473–478**.

Mel'nikova, N. N., Bulavenko, L. V., Kurdish, I. K., Titova, L. V. and Kots, S. Y. **2002**. Formation and function of the legume–rhizobium symbiosis of soybean plants while introducing bacterial strains from the genera *Azotobacter* and *Bacillus*. Applied **Biochemistry and Microbiology, 38: 68–372**.

Miransari. M., Bahrami, H.A, Rejali, F., Malakouti, M.J. **2008**. Using arbuscular mycorrhiza to reduce the stressful effects of soil compaction on wheat (*Triticum aestivum L.)* growth. **Soil Biol Biochem 40:1197–1206.**

Miransari, M., Mackenzie, A.F. **2010.** Development of a soil N-test for fertilizer requirements for corn (Zea mays L.) production in Quebec. **Commun Soil Sci Plant Anal, in press 89:917-930.**

Moraghan, J.T. and Mascagni, H. J. **1991**.Environmental and soil factors affecting micronutrient deficiencies and toxicities Micronutrients in Agriculture.**Soil Sci.Sd.adison.Wis.USA.** p:**371-425** In:S.H.Mickelso

Nadian, H. S. E. Smith, A. M. Alston and R. S. Murray. **1996.** The effect of soil compaction on growth and p uptake by trifolrum subterranum. **plant soil 182: 39-49.**

Naito, S., Hirai, M. Y., Inaba-Higano, K., Nambara, E., Fujiwara, T., Hayashi, H., Komeda, Y. and Chino, M. **1995** Expression of soybean seed storage protein genes in transgenic plants and their response to sulfur nutritional conditions. **J. Plant Physiol. 145, 614–619.**

Online .2007b. http://www.californiaorganicgardening.com/Forum/about116.html.

Olsen S. R., Cole C. V., Watanabe F. S. and Dean L. A. **1954**. "Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate" USDA Circular, U. S. Government Printing Office, **Washington D. C. 939.**

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

Ortas, I. **2010**. Effect of mycorrhiza application on plant growth and nutrient uptake in cucumber production under field conditions. **Spanish Journal of Agricultural Research 8, S116–S122.**

Osonubi, O., Mulongoy, K., Awotoye, O.O., Atayese, M.O. and Okali, D.U. **1991**. Effects ectomycorrhizal and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on drought tolerance of four leguminous woody seedlings. **Plant and Soil 136, 131-143.**

Ouziad, F., P. Wilde, E. Schmelzer, U. Hildebrandt, H. and Bothe. **2006**. Analysis of expression of aquaporins and Na+/H+ transporters in tomato colonized by arbuscular mycorrhizal fungi and affected by salt stress.**Environmental and Experimental Botany. 57:177-186.**

Paraskevopoulou-Paroussi, G., Karagiannidis, N., Paroussis, E., Spanomitsios, G. **1997**. The effect of mycorrhiza on nutrient uptake and plant development of three strawberry cultivars. In: van Scheer, H.A.T., Lieten, F., Dijkstra, J. (eds.). Proc. Third Int. Strawberry Symp. **Acta Hort. 439 Vol. 2 ISHS 1997**

Parmar, N. and Dadarwal, K. R. **1999**. Stimulation of nitrogen fixation and induction of flavonoid-like compounds by rhizobacteria. **Journal of Applied Microbiology, 86: 36–44.**

Piotrowski, J.S., Denich, T., Klironomos, J.N., Graham, J.M. and Rillig, M.C. **2004**. The effects of arbuscular mycorrhizas on soil aggregation depend on the interaction between plant and fungal species. **New Phytologist 164, 365-373.**

Peoples, M. B., Ladha, J. K. and Herridge, D. F. **1995**. Enhancing legume N ٢ fixation through plant and soil management. **Plant Soil, 174: 101- 83.**

Peterso R. L. and Massicotte H. B. **2004**. Exploring structural definitions of mycorrhizas, with emphasis on nutrient-exchange interfaces. Can. **J. Bot., 82,** pp **1074.**

Posta, K., Marschner, H. and Römheld, V. **1994**. Manganese reduction in the rhizosphere of mycorrhizal and non-mycorrhizal maize. **Mycorrhiza 5,119-124.**

Quilambo, O.A., Weissenhorn, I., Doddema, H., Kuiper, P.J.C. and Stulen, I. **2005**. Arbuscular mycorrhizal inoculation of peanut in low-fertile tropical soil. I. Host-fungus compatibility. **Journal of Plant Nutrition 28, 1633-1644.**

Rajput, R.P., Tilak, K.B.V.R. and Sastry, P.S.N., **1993**. Effect of soil amendment on improvement of nodulation in soybean in problem soils. **Zentralblatt fur Mikrobiologie 138, 217–221.**

Rao, N.S.S., Tilak, K.V.B.R., Singh, C.S., **1986**. Dual inoculation with Rhizobium sp. and Glomus fasciculatum enhances nodulation, yield and nitrogen fixation in chickpea (*Cicer arietinum Linn).* **Plant Soil 95, 351–359.**

Reuveny, Z., Dougall, D. K. and Trinity, P. M. **1980**. Regulatory coupling of nitrate and sulfate assimilation pathways in cultured tobacco cells. Proc. **Nat. Acad. Sci. U.S.A. 77, 6670–6672.**

Richardson, A., Barea, J-M., McNeill, A. and Prigent-Combaret, C. **2009**. Acquisition of phosphorus and nitrogen in the rhizosphere an plant growth promotion by microorganisms. **Plant Soil 321:305–339.**

Rillig, M. C. and Mummery, D. L. **2006**. Mycorrhizas and soil structure. **New Phytologist 171: 41- 53**.

Romdhane, S.B., Trabelsi, M., Elarbi Aouani, M., Lajudi, F. and Mhamdi, M. **2009**. The diversity of rhizobia nodulating chickpea (*Cicer arietinum*) under water deficiency as a source of more efficient inoculan. **Soil Biolo Biochem, 41: 2568–2572**.

Romera, F. J., Alcantara, E. and De La Guardia, M .D. Effect of bicarbonate, phosphate and high pH on the reducing capacity of the Fe-deficient sunflower and cucumber plants. **J Plant Nutr 1992;15:1519–30.**

Ruiz-Lozano, J.M., Collados, C., Barea, J. M. and Azcón, R. **2001**. Arbuscular mycorrhizal symbiosis can alleviate drought-induced nodule senescence in soybean plants. **New Phytologist 151, 493-502.**

Rupela, O.P. and Beck, D.P. **1990**. Prospects for optimizing biological nitrogen fixation in chickpea. In: Rheenen, H.A., Saxena, M.C. (eds.). Chickpea in the nineties. **ICRISAT center, India,**pp**. 101-105.**

Ryan, M. H. and Angus, J. F. **2003**. Arbuscular mycorrhizas in wheat and field pea crops on a low P soil: increased Zn uptake but no increase in P uptake or yield. **Plant Soil., 250,** pp **225.**

Ryan, M. H., van Herwaarden, A. F., Angus J. F. and Kirkegaard, J. A. **2005**. Reduced growth of autumn-sown wheat in a low P soil is associated with high colonization by arbuscular mycorrhizal fungi. **Plant Soil., 270,** pp **275.**

Sabaghpour, S.H. **2003**. Mechanism of drought tolerance in crops. **Agricultural Aridity and Drought Scientific and Extension Quarterly of Jahad Agric.**pp**. 21-32.**

Saeed, M. and Fox, R. L.**1977**.Relations between suspension pH and Zinc solubility in acid and calcareous soils.**Soil Sci.124:199-204.**

Saini, V.K., Bhandari, S.C. and Tarafdar, J.C. **2004**. Comparison of crop yield, soil microbial C, N and P, N-fixation, nodulation and mycorrhizal infection in inoculated and non-inoculated sorghum and chickpea crops**. Field Crops Research 89,** pp**. 39-47**.

Sannazzaro, A. I., Ruiz O. A., Alberto, E. O. and Menendez, A. B. **2006**. Alleviation of salt stress in *Lotus glaber* by *Glomus intradices*. **Plant Soil., 285,** pp **279.**

Salvagiotti, F. and Miralles, D.J. **2008**. Radiation interception, biomass production and grain yield as affected by the interaction of nitrogen and sulfur fertilization in wheat. **European Journal of Agronomy 28 (3), 282–290.**

Sayeed Akhtar, M. and Siddiqui Z. A. **2008**. Biocontrol of a root-rot disease complex of chickpea by Glomus intraradices, Rhizobium sp. and Pseudomonas straita. **Crop Prot. 27: 410-417.**

Sayeed Akhtar, M. and Siddiqui, Z. A. **2009**. Effects of phosphate solubilizing microorganisms and *Rhizobium* sp. on the growth, nodulation, yield and root-rot disease complex of chickpea under field condition. **Afr J Biotechnol, Vol. 8 (15), pp. 3489-3496.**

Schikora, A. and Schmidt, W. Iron stress-induced changes in root epidermal cell fate are regulated independentlyfrom physiological responses to low iron availability.**Plant Physiol 2001;125:1679–87.**

Schachtman, D. P., reid, J. and Ayling, S. M. **1998**. Phosphorus uptake by plants : from soil to cell. **Plant Physiology. 116: 447-453.**

Schnepf A., Roose T. and Schweiger P. **2008**. Impact of growth and uptake patterns

of arbuscular mycorrhizal fungi on plant phosphorus uptake a modelling study. **Plant Soil., 312, pp 85.**

Selvaraj, T. Studies on mycorrhizal and rhizobial symbioses on tolerance of tannery effl uenttreated Prosopis julifl ora, Ph.D. Thesis, University of Madras, Chennai, India, 1998, p. 209.

Shang-Shyng, Y., H., Shang-Shyng, C. Yang, and I-C., Lin. **2003**.Microbial population of spruce soil in Tatachia mountain of Taiwan. **Chemosphere. 52:1489-149**.

Sharma, A. K. and Johri, B. N. 2002. Arbuscular Mycorrhizae: Interactions in Plants, Rhizosphere and soils. **Science Publishers. 311**pp**.**

Shenoy, V. V. and Kalagudi, G. M. **2005**. Enhancing plant phosphorus use efficiency for sustainable cropping. **Biotechnol. Adv., 23,** pp **501.**

Shomali, R., Abdolzadeh, A., Haddadchi, G.R., Sadeghipour, H.R., **2007**. Effect of different potassium and iron concentration on growth, ion contents and some biochemical parameters in rice (var. tarem) **J. Agric. Sci. Natur. Resour.,14(5).**

Siddiqui, Z.A., Akhtar, M.S. and Futai, K. **2008**. Mycorrhizae: sustainable agriculture and forestry. Springer and Business Media B.V.

Silberbush, M. and Barber, S. A. **1983** Sensitivity of simulated phosphorus uptake to parameters used by a mechanistic mathematical model. **Plant Soil 74:93–100.**

Singh, K. B. **1997**.chickpea (*cicer arietinum*).**Field Crop.Res.53:161-170**.

Singh, K.B., Malhotra, R.S. Saxena, M.C. and Bejiga, G. **1997**. Superiority of winter sowing over traditional spring sowing of chickpea in the Mediterranean region. **Agr.J. 89: 112-118.**

Singh, M. and Tilak, K.V.B.R., **1989**. Field response of chickpea to inoculation with *Glomus versiforme*. **Plant and soil 119, 281-284**.

Sinharoy, A., Samul, R. C., Ahasan, A.K.M.N., and Roy, B. **1990**. Effect of different sources and level of nitrogen on yield attributes and seed yield of sesame varieties .**Environ. Ecol. 8: 211-215.**

Sivaramaiah, N., Malik, D. K. and Sindhu, S.S. 2007. Improvement in symbiotic efficiency of chickpea (*Cicer arietinum*) by coinoculation of *Bacillus* strains with *Mesorhizobium* sp. *Cicer*. Indi. **J. Microbio. 47: 51–56.**

Smith, S. E. and Read, D. J. **1997**. Mycorrhizal Symbiosis. **Academic Press. P. 587**.

Smith, F.W. **1982**. Mineral nutrition of legumens. In: Vincent, J. M. (ed.), Nitrogen fixation in legumes. **Academic Press, New York**.

Smith, S. E. and Read, D. J. **2008**. Mycorrhizal Symbiosis. Academic Press, London, UK. Xiong, L.M. 1993. Vesicular-arbuscular mycorrhizae decrease cadium uptake by plant. **Journal of plant Resources and Environment. 2(3): 58-60.**

Smith, S.E. and Read, D.J. **2008**. Mycorrhizal symbiosis (Third Edition). **Academic Press Ltd., London, UK.**

Smith, S. E., Smith F. A. and Jakobsen, I. **2004**. Functional diversity in arbuscular mycorrhizal (AM) symbioses: the contribution of the mycorrhizal P uptake pathway is not correlated with mycorrhizal responses in growth or total P uptake. **New Phytol., 162, pp 511.**

Sommer, A. L. L. **1995**. Further evidence of the essential nature of zinc for the growth higher green plants. **Plant physoil. 3: 217 – 221**.

Spencer, D., Rerie, W.G., Randall, P.J. and Higgins, T. J. V. **1990** The regulation of pea seed storage protein genes by sulfur stress. Aust**. J. Plant Physiol. 17, 355–363.**

Sogut, T.**2006**. *Rhizobium* inoculation improves yield and nitrogen accumulation in soybean (*Glycine max*) cultivars better than fertilizer. **New Zealand Journal of Crop and Horti Science,** Vol**. 34 : 115-120.**

Subba Rao, N.S., Tilak, K.V.B.R. and Singh, C.S. **1986**. Dual inoculation with *Rhizobium* sp. And *Glomus fasciculatum* enhances nodulation, yield and nitrogen fixation in chickpea (*Cicer arietinum* Linn.). **Plant and soil 95, 351-359.**

Subramanian, K.S., Santhanakrishnan, P. and Balasubramanian, P. **2006**. Responses of field grown tomato plants to arbuscular mycorrhizal fungal colonization under varying intensities of drought stress. **Scientia Horticulturea, 107(3): 245-253.**

Stancheva, I., M. Geneva, G. Zehirov, G. Tsvetkova, M. Hristozkova, and Georgiev, G. **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.**

Stephan, K.B. 2000. Evaluation of granular *Rhizobium* inoculant for Chickpea. Ph.D. Thesis. "University of Saskatchewan", Canada.

Swift, C. E. 2004. Mycorrhiza and soil phosphorus levels. Area Extension Agent. http://www.colostate.edu/Depts/CoopExt/TRA/**PLANTS**/**mycorrhiza**.

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.**

Tang, C., Zheng, S.J., Qiao, Y.F.,Wang, G.H., Han, X.Z., **2006**. Interactions between high pHand iron supply on nodulation and iron nutrition of *Lupinus albus* L. genotypes differing in sensitivity to iron deficiency. **Plant Soil 279, 153–162.**

Tarafdar, C. and Marschner, H., **1994**. Phosphate activity in the rizosphere and hyphosphere of VA mycorrhizaal wheat supplied with inorganic.

Tawaraya, K., Naito, M. and Wagatsuma, T. **2006** .Solubilization of insoluble inorganic phosphate by hyphal exudates of arbuscular mycorrhizal fungi. **J. Plant Nutr., 29, pp657.**

Tibbett M. and Sanders F. E. **2002** .Ectomycorrhizal symbiosis can enhance plant nutrition through improved access to discrete organic nutrient patches of high resource quality. **Ann Bot. (London)., 89,** pp **783.**

Tisdale, S. L., Nelson, W. L., Beaton, J. D. and Havlin, J. L. **1993**. **Soil Fertility and Fertilizers**. 5th ed. Mcmillon publishing Co, New York.

Togay, N., Mesut Cimrin, C. and Turan, M. 2008. Effects of *rhizobium* inoculation, sulfur and phosphorus applications on yield, yield components and nutrient uptakes in chickpea (*Cicer arietinum* L.). **Afr J Biotechnol, Vol. 7 (6), pp. 776-782.**

Toro, M., Azcon, R. and Barea, M. **1998**. The use of isotopic dilution techniques to evaluate the interactive effects of *Rhizobium* genotype, mycorrhizal fungi, phosphatesolubilizing rhizobacteria and rock phosphate on nitrogen and phosphorus acquisition by *Medicago sativa*. **New Phytologist, 138: 265–273**.

Troehza loynachan, T. E. **2003**. Endomycorrhizal fungi survival in continuous corn,soybean and fallow. **Agronomy Journal. 95(1): 224-230.**

Van Wees, S., Van der Ent, S. and Pieterse, C. **2008** Plant immune responses triggered by beneficial microbes. **Curr Opin Plant Biol 11:443–448**.

Vizzotto, G., Pinton, R., Bomben, C., Cesco, S., Varanini, Z. and Guglielmo, C. Iron reduction in iron stressed plant of Acatinidia deleciosa genotypes: involvement of PMFE (III) chelate reductase and H+-ATPase activity. **J Plant Nutr 1999;22:479–88**.

Widada, J. Damarjaya, D. I. and Kabirun, S. **2007**. The interactive effects of arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobacteria on the growth and nutrients uptake of sorghum in acid soil, "First International Meeting on Microbial Phosphate Solubilization", pp **173–177** ,Vela zquez E. and Rodriguez-Barrueco C. **Springer**.

Williams, P.C. and Singh, U. **1987**. Nutritional quality and the evaluation of quality in breeding programmes The chickpea. In: Saxena, M.C., Singh, K.B. (eds.).. **CAB International, UK,** pp**. 329-356.**

Wood, J.A. and Grusak, M.A. **2007**. Nutritional value of chickpea. In: Yadav, S.S., Redden, R.J., Chen, W., Sharma, B. (eds.). Chickpea breading and management. **CAB International, UK,** pp**. 101-143.**

Wu, S.C., Cao, Z.H., Li, Z.G. , Cheung, K.C. and Wong, M. H. **2005**. Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. **Geoderma. 125:155-166**.

Zaidi, A., Khan, M.S. and Amil, M. **2003**. Interactive effect of rhizotrophic microorganisms on yield and nutrient uptake of chickpea (*Cicer arietinum* L.). **European Journal of Agronomy 19,15-21.**

Zarinkafsh, M. 1992. **Soil Fertility and Production**. Tehran University Publication, P. 244. Tehran, Iran.

Zaidi, A., Khan, M. S. and Amil, M. **2003** .Interactive effects of rhizotrophic microorganisms on yield and nutrient uptake of chickpea (*Cicer arietinum* L.). **Eur. J. Agron., 19, 15.**

Zahran, H. M. **1999**. Rhizobium – legumesymbiosis and nitrogen fixation under severe conditions and arid climate , **Microbial and Molecular Biology Reviews.,** pp **. 968- 989.**

Zhao, F.J., Wood, A. P. and Mc Grath, S. P. **1999** .Effects of sulphur nutrition on growth and nitrogen fixation of pea (*Pisum sativum* L.). **plant and Soil 212: 209- 219**.