دانشکده کشاورزی

گروه زراعت

پایان‌نامه کارشناسی ارشد

بررسی برهمکنش مایکوریزا، تیوباسیلوس و کود شیمیایی بر رشد و عملکرد کنجد

مهران منافی نوران

استاد راهنما:

دکتر منوچهر قلی‌پور

اساتید مشاور:

دکتر همت‌الله پیردشتی **مهندس ارسطو عباسیان**

پاییز ۱۳۹۲

بسم الله الرحمن الرحیم

دانشکده کشاورزی

گروه زراعت

موضوع:

بررسی برهمکنش مایکوریزا، تیوباسیلوس و کود شیمیایی بر رشد و عملکرد کنجد

دانشجو: مهران منافی نوران

استاد راهنما:

دکتر منوچهر قلی‌پور

استادان مشاور:

دکتر همت الله پیردشتی مهندس ارسطو عباسیان

جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

رشته مهندسی کشاورزی گرایش اگرواکولوژیک

پاییز ۱۳۹۲

پیوست شماره ۲

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده : کشاورزی

گروه : زراعت و اصلاح نباتات

پایان نامه کارشناسی ارشد آقای مهران منافی نوران

تحت عنوان: بررسی بر همکنش مایکوریزا، تیوباسیلوس و کود شیمیایی بر رشد و عملکرد کنجد

در تاریخ ۱۳۹۲/۹/۱۱ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مورد ارزیابی و با درجه ...بسیار خوب..... مورد پذیرش قرار گرفت.

اساتید راهنما	امضاء	اساتید مشاور	امضاء
نام و نام خانوادگی : منوچهر قلی‌پور		نام و نام خانوادگی : همت الله پیردشتی	
نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی : ارسطو عباسیان	

اساتید داور	امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء
نام و نام خانوادگی : احمد غلامی		نام و نام خانوادگی : کامبیز جهان‌بین	
نام و نام خانوادگی : حمید عباس‌دخت			
نام و نام خانوادگی :			
نام و نام خانوادگی :			

سپاسگزاری

بر خود لازم می‌دانم از زحمات استاد گرانقدر جناب آقای دکتر قلی پور به خاطر راهنمایی‌ها و حمایت‌هایشان نه تنها در امر این پروژه، بلکه در تمامی دوران تحصیل، کمال تشکر و قدردانی را داشته باشم. بی‌شک بدون یاری ایشان رساله اخیر پیش روی شما نبود.

همچنین از جناب آقای دکتر پیردشتی و جناب آقای مهندس عباسیان به خاطر زحمات بی‌شائبه و دلسوزانه ایشان که با صبر و حوصله، یکایک پرسش‌ها و مشکلاتم را بدون هیچ چشم داشتی پاسخگو بودند، صمیمانه تشکر می‌نمایم.

خدای را بسی شاکرم که از روی کرم، پدر و مادری فداکار نصیبم ساخته تا در سایه درخت پربار وجودشان بیاسایم و از ریشه آنان شاخ و برگ گیرم و از سایه وجودشان در راه کسب علم و دانش تلاش نمایم. والدینی که بودنشان تاج افتخاری است بر سرم و نامشان دلیلی است بر بودنم چرا که این دو وجود پس از پروردگار مایه هستی‌ام بوده‌اند، دستم را گرفتند و راه رفتن را در این وادی زندگی پر از فراز و نشیب آموختند. امید آنکه روزی بتوانم گوشه‌ای از محبتشان را جبران کنم.

در انتها از تمامی دوستان و همکلاسیهایم و همه کسانی که در این مدت گوشه‌ای از خاطرات شیرین دوران زندگی‌ام را ساختند سپاسگزارم.

هر که در هر کار با عشق است یار

کار او باقی است اندر روزگار

پیشرفت فرهنگ و علم مرهون خردورزی‌ها و کوشش فرزانگانی است که چراغ راه فرهیختگی اند و توسعه دانش و دانستگی وامدار تلاش و پشتکار مردان و زنان خستگی ناپذیری است که نهال علم و عمل را توأمان در خاک این سرزمین پرورانده اند.

به پاس قدرشناسی، این رساله تقدیم می گردد به دو فرشته بی‌بدیل زندگی، پدر و مادر فداکارم که حمایتهای بی دریغ آنها غیر ممکن‌ها را برایم ممکن ساخت.

مهران منافی نوران

آذر ماه ۱۳۹۲

تعهد نامه

اینجانب . مهران منافی نوران دانشجوی دوره کارشناسی ارشد / دکتری رشته اگرواکولوژی

دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه / رساله بررسی برهمکنش میکوریزا،

تیوباسیلوس، و کود شیمیایی بر رشد و عملکرد کنجد تحت راهنمایی دکتر منوچهر قلی پور متعهد می شوم :

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

تاریخ : ۹۲/۹/۱۱

امضاء دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه‌های رایانه‌ای ، نرم افزارها و تجهیزات شاخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد و این مطلب باشد به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود .
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه / رساله بدون ذکر منبع مجاز نمی باشد .

- **متن این صفحه نیز باید در ابتدای نسخه‌های تکثیرشده پایان نامه/رساله وجود داشته باشد .**

چکیده

به منظور بررسی تأثیر قارچ مایکوریزا، باکتری تیوباسیلوس و کود شیمیایی بر رشد و عملکرد کنجد، آزمایشی به صورت فاکتوریل در پایه طرح بلوک کامل تصادفی در ۳ تکرار در بهار ۱۳۹۱، در دانشگاه کشاورزی ساری اجرا گردید. فاکتورهای مورد بررسی در این آزمایش شامل قارچ مایکوریزا {شاهد (عدم کاربرد؛ m_0) و کاربرد (m_1)}، باکتری تیوباسیلوس {شاهد (عدم تلقیح؛ tb_0) و تلقیح (tb_1)} و کود شیمیایی {شاهد (عدم استفاده؛ f_0)، کود دهی طبق عرف منطقه شامل ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل (f_1)، کودهی به مقدار ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم (f_2)} بود. در بررسی برخی از شاخص‌های فیزیولوژیکی مشخص شد که بیشترین شاخص سطح برگ با ۰/۹۴ به تیمار کاربرد قارچ میکوریزا، تلقیح باکتری تیوباسیلوس و سطح دوم کودی ($m_1tb_1f_2$) و بیشترین میزان کلونیزاسیون نیز به تیمار $m_1tb_1f_2$ با ۹۶/۶۶ درصد تعلق دارد. همچنین تیمار کاربرد قارچ میکوریزا و عدم تلقیح با باکتری تیوباسیلوس با افزایش ۴۲/۹۶ درصدی نسبت به شاهد، موجب افزایش عملکرد دانه شده است. بیشترین درصد پروتئین با افزایش ۲۶/۳۱ درصدی نسبت به تیمار شاهد در تیمار کاربرد قارچ میکوریزا و تلقیح با باکتری تیوباسیلوس بدست آمد. همچنین بیشترین میزان درصد روغن با افزایش ۴۱/۱۹ درصدی نسبت به شاهد متعلق به تیمار کاربرد قارچ میکوریزا بر عدم تلقیح با باکتری تیوباسیلوس بود. در بررسی تیمارها از نظر غلظت فسفر مشخص شد که تیمار کاربرد قارچ میکوریزا، تلقیح باکتری تیوباسیلوس و سطح دوم کودی (f_2) با ۲۵۳/۰۸ درصد افزایش نسبت به شاهد بیشترین میزان غلظت فسفر را دارا است. در بررسی‌ای که بر روی دیگر عناصر انجام گرفت مشخص شد که تیمار کاربرد قارچ میکوریزا، تلقیح با باکتری تیوباسیلوس و سطح دوم کودی ($m_0tb_1f_2$) با ۳/۶۴ درصد افزایش نسبت به تیمار شاهد بیشترین میزان پتاسیم و تیمار عدم کاربرد قارچ میکوریزا، تلقیح با باکتری تیوباسیلوس و سطح دوم کودی ($m_0tb_1f_2$) نسبت به تیمار شاهد افزایش ۳۰۰/۹۳ درصدی را نشان داد.

مقالات مستخرج از پایان‌نامه

۱- **تاثیر قارچ میکوریزا، باکتری تیوباسیلوس و نسبت های کودی، بر میزان کلروفیل و عملکرد کنجد.** بیست و یکمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی ایران، دانشگاه شیراز، ۷ الی ۹ آبان ماه ۱۳۹۲.

۲- **تاثیر قارچ میکوریزا، باکتری تیوباسیلوس و نسبت های کودی، بر خصوصیات کیفی کنجد.** بیست و یکمین کنگره ملی علوم و صنایع غذایی ایران، دانشگاه شیراز، ۷ الی ۹ آبان ماه ۱۳۹۲.

فهرست مطالب

عنوان.....شماره صفحه

فصل اول: مقدمه

۱-۱-مقدمه.....۱

فصل دوم: کلیّات

۲-۱- دانه‌های روغنی.....۵

۲-۲- کلیاتی در مورد کنجد.....۵

۲-۳- شرایط اکولوژیکی و رویشی کنجد.....۶

۲-۴- تاریخچه کشت کنجد در جهان و ایران.....۸

۲-۴-۱- سطح زیر کشت و تولید کنجد و سایر دانه‌های روغنی در ایران.....۸

۲-۵- پروتئین کنجد.....۹

۲-۵-۱- روغن کنجد.....۱۰

۲-۵-۲- موارد استفاده کنجد.....۱۱

۲-۶- کودهای زیستی.....۱۲

۲-۷- قارچ مایکوریزا و تاریخچه آن.....۱۴

۲-۷-۱- رابطه همزیستی مایکوریز آرباسکولار.....۱۶

۲-۸- باکتری‌های ریزوسفری.....۱۷

۲-۸-۱- باکتری تیوباسیلوس و تاریخچه آن.....۱۸

۲-۸-۲- زیستگاه طبیعی و شرایط رشدی مورد نیاز.....۱۹

فصل سوم: بررسی منابع

۳-۱- گوگرد.....۲۱

۳-۱-۱- اهمیت گوگرد ۲۱

۳-۱-۲- نقش گوگرد در گیاه.....۲۲

۳-۱-۳- تاثیرات کمبود گوگرد..... ۲۳
۳-۱-۴- پاسخ برخی گیاهان زراعی به تغذیه گوگرد..... ۲۵
۳-۱-۵- تأثیر گوگرد در مقدار پروتئین، روغن و عملکرد زراعی..... ۲۶
۳-۲- اکسایش گوگرد..... ۲۷
۳-۲-۱- عوامل مؤثر بر اکسایش گوگرد در خاک..... ۲۸
۳-۲-۲- اهمیت و نقش تیوباسیلوس‌ها در اکسایش گوگرد..... ۲۹
۳-۲-۳- تاثیر گوگرد و باکتری تیوباسیلوس بر گیاهان..... ۳۱
۳-۳- فسفر..... ۳۴
۳-۳-۱- اهمیت فسفر در دانه‌های روغنی..... ۳۶
۳-۴- قارچ میکوریزا..... ۳۶
۳-۴-۱- تاریخچه میکوریزا..... ۳۶
۳-۴-۲- مزایای تلقیح قارچ میکوریزا..... ۳۷
۳-۴-۳- نقش میکوریزا در تغذیه گیاهان..... ۳۷
۳-۴-۵- نقش در برابر تنش‌های محیطی..... ۴۰
۳-۴-۶- نقش نظام‌های زراعی بر فعالیت و پایداری مایکوریزا..... ۴۱
۳-۴-۶-۱- اثر شخم و جابجایی لایه‌های خاک بر فعالیت و پویایی مایکوریزا..... ۴۱
۳-۴-۶-۲- اثر آیش بر فعالیت و پویایی مایکوریزا..... ۴۲
۳-۴-۶-۳- اثر تناوب زراعی بر فعایت و پویایی مایکوریزا..... ۴۲
۳-۴-۶-۴- اثر کودهای شیمیایی مورد استفاده بر جمعیت مایکوریزا..... ۴۳
۳-۵- تأثیر کود بیولوژیک روی کنجد و برخی از گیاهان زراعی..... ۴۵
فصل چهارم: مواد و روش‌ها
۴-۱- موقعیت محل و زمان اجرای طرح..... ۴۹
۴-۲- مشخصات خاک و محل آزمایش و بذر مورد استفاده..... ۴۹
۴-۳- پیاده نمودن نقشه آزمایشی..... ۵۰

۴-۳-۱- طرح آزمایش..... ۵۰
۴-۳-۲- تلقیح بذر..... ۵۱
۴-۴- عملیات زراعی..... ۵۱
۴-۴-۱- آماده سازی زمین..... ۵۱
۴-۴-۲- عملیات کاشت..... ۵۱
۴-۴-۳- عملیات داشت..... ۵۲
۴-۴-۳-۱- آبیاری..... ۵۲
۴-۴-۳-۲- تنک کردن..... ۵۲
۴-۴-۳-۳- مبارزه با علف‌های هرز و وجین..... ۵۲
۴-۴-۴- عملیات برداشت..... ۵۳
۴-۵- نمونه برداری‌ها..... ۵۳
۴-۵-۱- نمونه برداری جهت اندازه‌گیری صفات مورفولوژیک و شاخص‌های رشد گیاه..... ۵۳
۴-۵-۲- اندازه‌گیری عملکرد دانه و شاخص برداشت..... ۵۳
۴-۵-۳- اندازه گیری روغن و پروتئین دانه..... ۵۴
۴-۵-۴- اندازه‌گیری فسفر دانه..... ۵۴
۴-۵-۵- اندازه‌گیری پتاسیم دانه..... ۵۴
۴-۵-۶- اندازه‌گیری گوگرد دانه..... ۵۵
۴-۶- اندازه‌گیری میزان کلروفیل برگ..... ۵۵
۴-۷- اندازه‌گیری کلونیزاسیون ریشه..... ۵۶
۴-۸- روشهای آماری مورد استفاده..... ۵۶
فصل پنجم: نتایج و بحث
۵-۱- صفات مرفولوژیکی..... ۵۷
۵-۱-۱- ارتفاع بوته کنجد..... ۵۷

۵-۱-۲- قطر ساقه..... ۵۹
۵-۱-۳- محتوای کلروفیل برگ..... ۶۰
۵-۱-۴- تعداد گره و فاصله بین گره‌ها..... ۶۳
۵-۱-۵- همبستگی صفات مرفولوژیکی..... ۶۶
۵-۲- عملکرد و اجزای عملکرد کنجد..... ۶۷
۵-۲-۱- عملکرد کنجد..... ۶۷
۵-۲-۲- تعداد کپسول در بوته..... ۶۹
۵-۲-۳- وزن هزار دانه..... ۷۱
۵-۲-۴- بیوماس کنجد..... ۷۲
۵-۲-۵- شاخص برداشت..... ۷۴
۵-۲-۶- همبستگی صفات عملکرد و اجزای عملکرد..... ۷۶
۵-۳- شاخص های فیزیولوژیکی..... ۷۷
۵-۳-۱- شاخص سطح برگ (LAI) ۷۷
۵-۳-۲- کلونیزاسیون ریشه..... ۷۹
۵-۴- خصوصیات کیفی کنجد..... ۸۱
۵-۴-۱- درصد و عملکرد روغن دانه..... ۸۱
۵-۴-۲- درصد و عملکرد پروتئین دانه..... ۸۵
۵-۴-۳- غلظت عناصر دانه..... ۹۱
۵-۴-۳-۱- فسفر..... ۹۱
۵-۴-۳-۲- پتاسیم..... ۹۳
۵-۴-۳-۳- نیتروژن..... ۹۴
۵-۴-۳-۴- گوگرد..... ۹۷
۵-۴-۴- همبستگی بین عملکرد دانه و صفات کیفی کنجد..... ۹۸
فصل ششم: نتیجه‌گیری کلّی و پیشنهادات
۶-۱- نتیجه‌گیری..... ۱۰۰

۶-۲- پیشنهادات..... ۱۰۱

فصل هفتم: فهرست منابع

منابع..... ۱۰۲

فصل اوّل

مقدّمه

۱-۱- مقدّمه

کشور ایران دارای اقلیم خشک و نیمه خشک است و میانگین بارندگی آن در حد یک سوم میانگین جهانی است. ارزیابی کلی از توان بخش کشاورزی نشان می‌دهد که سطح زیر کشت و زمین-های موجود کشاورزی کشور چندان قابل افزایش نیست البته، در صورت مدیریت آب، سطح زیر کشت تا پنجاه میلیون هکتار قابل افزایش است و تامین آن میزان آب نیز قطعا در پتانسیل اقلیمی کشور وجود ندارد به همین دلیل توجه به گیاهان مقاوم به خشکی که بتوانند با ریشه‌های عمیق خود آب را از اعماق زمین جذب کرده و یا وضعیت مورفولوژیک و فیزیولوژیک آنها به گونه‌ای باشد که آب را حفظ نموده و با راندمان مصرف آب بالا، استفاده بهینه از آن در تولید ماده خشک بنماند، ضروری می‌باشد (فاضلی، ۱۳۸۵).

از طرف دیگر کشور ما برای رفع نیازهای داخلی، سالیانه نزدیک به یک میلیارد دلار صرف واردات روغن‌های گیاهی و کنجاله دانه‌های روغنی می‌نماید و کمتر از ۱۰درصد نیاز با تولیدات داخلی تامین می‌شود. کاهش واردات روغن‌های گیاهی و دانه‌های روغنی مستلزم برنامه‌ریزی همه جانبه و اصولی در زمینه حمایت از توسعه کشت دانه‌های روغنی است (احمدی، ۱۳۷۸).

از علل کشت کنجد را می‌توان به مقاوم بودن این گیاه نسبت به آفات، بیماری، گرما، خشکی و همچنین پایین بودن هزینه تولید و داشتن صرفه اقتصادی برای کشاورز نام برد (لانگهام[۱] و همکاران، ۲۰۰۸).

تمامی عناصر برای رشد مهم می‌باشند و در صورت کمبود هر عنصری در محیط رشد، اثر نامطلوبی را برجای می‌گذارد (هاشمی و همکاران، ۱۳۷۵). اثرات سودمند کاربرد عناصر کانی در خاک، برای بهبود رشد گیاه، بیشتر از ۲۰۰۰ سال است که در کشاورزی شناخته شده است (مارشنر،

۱- Langham

۱۹۹۵). شکی نیست که انجام صحیح فرآیندهای متابولیسمی گیاهان مستلزم وجود عناصری است که باید به صورت اکسید شده یا احیا شده، معدنی و یا آلی، جذب سلول شده و احتیاجات آنها را از نظر ماده و انرژی تأمین کنند (ابراهیم زاده، ۱۳۸۰).

جذب عناصر به وسیله ریشه‌های گیاه، یا از محلول خاک و یا از طریق تماس تبادلی صورت می‌گیرد. جذب و انتقال می‌تواند به صورت فعّال یا غیرفعّال باشد، بسته به نوع و غلظت یون، انتقال می‌تواند، برون سلولی، درون سلولی و یا هر دو طریق باشد (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۷۶). جذب یون از سوی گیاه دارای ویژگی‌هایی می‌باشد، از جمله اینکه برخی از عناصر به طور ترجیحی جذب می‌شوند. غلظت عناصر کانی می‌تواند در شیره سلولی به مراتب بیشتر از محیط بیرون باشد. همچنین میان گونه‌های گیاهی در ارتباط با جذب، تفاوت‌های چشم‌گیری وجود دارد (مارشنر[۱]، ۱۹۹۵).

در دهه‌های گذشته نظام‌های کشاورزی رایج که به نهاده‌های خارجی و از جمله مواد شیمیایی کاملاً متّکی بوده‌اند در تولید محصول زراعی نقش چشم‌گیری داشته‌اند. به دلایل متعددی از جمله: افزایش هزینه دستیابی به انرژی و مواد شیمیایی مورد مصرف در مزرعه، کاهش حاصلخیزی خاک ناشی از فرسایش و به همراه آن کاهش مواد آلی و عناصر غذایی خاک، آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی در نتیجه مصرف مواد شیمیایی و غیره کارایی این نظام سؤال بر انگیز شده است (غلامی و کوچکی، ۱۳۸۰).

امروزه به علت هزینه فزاینده کودهای شیمیایی لازم است که جذب و مصرف عناصر غذایی از کارایی بالایی برخوردار باشد، تا بدین وسیله از هزینه‌های فزاینده تولید و کاهش آلودگی کاسته شده و درآمد بالاتری برای زارعین حاصل آید. در دهه گذشته مصرف کودهای شیمیایی، اثرات و پیامدهای زیست محیطی نامطلوبی را در خصوص وضعیت سلامت انسان‌ها و دیگر موجودات زنده به همراه داشته است. در این بین سیاست کشاورزی پایدار و توسعه پایدار کشاورزی، متخصصین را بر آن

۱- Marschner

داشت که هر چه بیشتر از موجودات زنده خاک، در جهت تأمین نیازهای غذایی گیاه کمک بگیرند. در حال حاضر کودهای زیستی به عنوان بهترین جایگزین برای کودهای شیمیایی به منظور افزایش حاصلخیزی خاک و افزایش عملکرد در تولید پایدار محصولات کشاورزی مطرح می‌باشد (سعیدنژاد و همکاران، ۱۳۸۸).

مدیریت عناصر غذایی مورد نیاز گیاه به نحوی که این عناصر تا حد امکان در یک سیستم بسته جریان داشته باشند. بخشی از اهداف مورد نظر در رابطه با ایجاد یک سیستم کشاورزی پایدار می‌باشد. بدین منظور لازم است تا نه تنها مصرف این عناصر از منابع خارجی را کاهش داد بلکه جلوی تلفات آنها را نیز گرفت. بسته بودن چرخه عناصر غذایی نه فقط در سطح مزرعه بلکه در سطح منطقه و در طولانی مدت ضروری می‌باشد. عناصر غذایی مرتباً تولید شده و از مزرعه خارج می‌شوند. تلفات غیر ضروری عناصر غذایی را بایستی از طریق بهره‌گیری ازفرایندهای چرخه‌ای طبیعی و تثبیت بیولوژیک عناصر به حداقل رساند. چنانچه کودهای معدنی در مقادیر زیاد مصرف شوند سبب برهم خوردن توازن عناصر غذایی در خاک و گیاه می‌شوند. عدم توازن غذایی ممکن است در نتیجه جذب تجمعی عناصر غذایی نظیر نیترات‌ها و یا افزایش غلظت برخی یون‌ها، در نتیجه مصرف کود در محلول خاک باشد که منجر به محدودیت رها سازی عناصر غذایی دیگر در محلول خاک و جذب آنها توسط گیاه می‌شود. نتیجه‌ای که از بررسی خاک به عنوان یک موجود زنده حاصل می‌شود این است که کود دهی نباید تنها به منظور رفع نیازهای گیاه انجام شود، بلکه تغذیه موجودات زنده خاک نیز باید مد نظر قرار گیرد. به منظور جبران کمبود عناصر غذایی و رفع نیاز غذایی گیاهان در جهت افزایش عملکرد، هماهنگ با محیط زیست و نیل به کشاورزی پایدار استفاده از کودهای بیولوژیک یکی از مؤثرترین شیوه‌ها می‌باشد (پالای[۱]، ۲۰۰۵).

۱- Pallai

با توجه به رویکردهای جدید به مقوله تولید در کشاورزی و مطرح شدن مباحث مربوط به پایداری و استفاده از نهادهایی که جنبه اکولوژیکی سیستم را بهبود می‌بخشند و نیز لزوم کاربرد تکنیک‌هایی جهت ایجاد سازگاری با شرایط اقلیمی خاص کشورمان و همچنین با توجه به اهمیت و جایگاه کنجد به عنوان یکی از گیاهان روغنی مهّم که حتّی خاصیت درمانی نیز دارد، این تحقیق با اهداف زیر اجرا گردید:

۱- بررسی تأثیر کود گوگردی و باکتری تیوباسیلوس بر خصوصیات کمّی و کیفی گیاه کنجد.

۲- بررسی تأثیر کود فسفره و قارچ مایکوریزا بر خصوصیات کمّی و کیفی گیاه کنجد.

۳- تعیین مناسبترین تیمار از نظر کمیت و کیفیت روغن و پروتئین در کنجد.

۴- بررسی تأثیر قارچ مایکوریزا و باکتری تیوباسیلوس در افزایش عملکرد و درصد روغن دانه کنجد.

۵- کاهش آلودگی محیط زیست از طریق کاهش مصرف کودهای شیمیایی.

۶- افزایش درآمد کشاورزان از طریق کاهش هزینه تولید.

فصل دوّم

کلیّات

۲-۱- دانه‌های روغنی

روغن و چربی پس از هیدرات‌های کربن به عنوان دومین منبع انرژی در تغذیه انسان از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند (عرشی، ۱۳۷۴). از سوختن یگ گرم روغن، قند و پروتئین به ترتیب ۹، ۶ و ۴ کیلو کالری انرژی آزاد می‌شود. بنابراین انرژی آزاد شده روغن از پروتئین‌ها و قندها بیشتر است (آلیاری و همکاران، ۱۳۷۹). کشور ما برای رفع نیازهای داخلی سالیانه نزدیک به ۱ میلیارد و ۷۶ میلیون و ۴۴ هزار دلار صرف واردات روغن خام و دانه روغنی می‌نمایند (رحیمی و محمودی درخش، ۱۳۸۹). کاهش واردات روغن های گیاهی و دانه‌های روغنی مستلزم برنامه ریزی همه جانبه و اصولی در زمینه حمایت از توسعه کشت دانه‌های روغنی می‌باشد (کوچکی و بنایان اول، ۱۳۷۶).

۲-۲- کلیاتی در مورد کنجد

کنجد با نام علمی*Sesamum indicum* و از خانواده Pedaliaceae یکی از دانه های روغنی خوراکی مهم است (رستگار، ۱۳۸۵). گر چه درخواست جهانی برای خرید کنجد در بازار فراوان است ولی سطح زیر کشت آن چندان فزونی نیافته است (پور صالح، ۱۳۷۴). کنجد یکی از دانه های خوراکی مهم است که میزان روغن دانه‌های آن از ۴۵ تا بیش از ۶۰ درصد و پروتئین دانه آن از ۱۹ تا ۲۷ درصد متغیر است (خواجه پور، ۱۳۸۴). روغن کنجد بدلیل وجود یک ترکیب فنولی آنتی اکسیدان به نام سزامولین[۱] در آن از دوام خوبی برخوردار است (منصوری و سلطانی نجف آبادی، ۱۳۸۳). به طوری که تحت شرایط ذخیره سازی معمولی به اکسید شدن و ترش شدن مقاوم است (شارمیلا[۲] و همکاران، ۲۰۰۷).

---

۱ -Sesamolin

۲- Sharmila

روغن حاصل از دانه های آن دارای مصارف دارویی بوده است (رستگار، ۱۳۸۵) و بذرهای روشن و طعم مطلوب جهت مصارف نانوایی و شیرینی پزی و ارقام با بیشترین میزان روغن برای روغن کشی توصیه می‌شوند(دینی ترکمانی و کاراپتیان، ۱۳۸۶). کنجد که در عین حال محصول مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیر است ولی اصلاح واریته های مناسب موجب گسترش آن به مناطق معتدل تر شده است (رستگار، ۱۳۸۵).

۲-۳- شرایط اکولوژیکی و رویشی کنجد

از نظر اکولوژی کنجد گیاهی گرمادوست، روز کوتاه و عمدتاً خاص مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری تلقی می‌شود. اما با اصلاح واریته‌های مناسب گسترش آن به مناطق معتدل‌تر امکان پذیر است. نوع اکوتیپ‌های محلی که با محل‌های جغرافیایی ویژه خود کاملاً سازگارند نمایانگر استعداد کنجد در این مورد است. پراکندگی عمده کنجد در عرض‌های ۳۵ درجه جنوبی تا ۴۰ درجه شمالی است و غالباً تا ارتفاع حدود ۱۷۰۰ متر از سطح دریا (بسته به رقم و عرض جغرافیایی) کشت می‌شود (ناصری، ۱۳۷۵؛ رستگار، ۱۳۸۵).

صفر فیزیولوژیکی کنجد برای جوانه زنی ۱۸-۱۵ درجه سانتی‌گراد است و دمای بهینه برای رشد گیاه ۲۷ درجه سانتی‌گراد می‌باشد (خواجه‌پور، ۱۳۷۷) و دمای بیش از ۳۴ درجه سانتی گراد و کمتر از ۱۸ درجه سانتی گراد را برای رشد آن نامناسب دانسته‌اند. وقوع یخبندان در زمان رسیدگی موجب مرگ گیاه می‌شود، کیفیت دانه و روغن را کاهش می‌دهد و برای اجزای فرعی روغن مانند سزامولین و سزامین[۱] تأثیر نامطلوب می‌گذارد (خواجه‌پور، ۱۳۸۴). کنجد به شوری خاک حساس

۱ - Sesamin

است. شوری خاک باعث کاهش عملکرد دانه و رشد آن می‌شود ولی بر کیفیت و کمیت روغن اثری ندارد (یوسیف[1] و همکاران، ۱۹۷۲).

در خاک‌های نسبتاً حاصل‌خیز که آب به سهولت گذر می‌کند، بهتر از خاک‌های دیگر رشد می‌کند. ترکیب و ساختمان خاک در مقایسه با ظرفت نگهداری آب، در درجه دوم اهمیت قرار دارد، زیرا کنجد در همه‌ی مراحل رشد، در مقابل دوره‌های کوتاه غرقابی شدن و نسبت به شوری‌های بیش از حد حساس است (ناصری، ۱۳۷۵). تیپ‌هایی که در ارتفاع بالا می‌رویند معمولا کوچکتر و رشد سریعی دارند و نسبتا بی شاخ و برگ هستند. آزمایشاتی که در نپال با تعدادی از واریته‌ها انجام شد نشان داد که کنجدهایی که در ارتفاع پایین‌تر رشد می‌کنند نسبت به کنجدهایی که در ارتفاعات بالاتر کشت می‌شدند روغن بیشتری داشتند (ناصری، ۱۳۷۵).

کنجد ریشه توسعه یافته‌ای دارد که آن را تا حدی به خشکی مقاوم می‌سازد مشروط بر آنکه خاک عمیق بوده و تراکم و خرابی ساختمان خاک محدود کننده نفوذ ریشه نباشد. ویژگی مقاومت کنجد در برابر خشکی از مزایای عمده آن محسوب می‌شود، زیرا به این ترتیب می‌توان آن را در مناطق نسبتا خشک کاشت، و در این شرایط، روغنی با کیفیت بسیار مرغوب بدست می‌آید. گیاه کنجد در همه مراحل رشد در برابر صدمه ناشی از تگرگ حساس است، این گیاه به باد نیز حساس است. باد نه تنها موجب خوابیدگی محصول می‌شود، بلکه سبب ریزش دانه می‌گردد و عملیات خشک کردن محصول را در شرایط سنتی بسیار مشکل می‌کند. خاک‌های دارای بافت متوسط شامل لوم، لوم شنی، لوم شنی ریز و لوم سیلتی با ساختمان خوب و باروری متوسط برای کنجد ایده‌ال به شمار می‌روند. ولی گیاه، خاک‌های نیمه سنگین و نیز فقیر را تحمل می‌کند. کنجد پی اچ حدود خنثی را ترجیح می‌دهد اما پی اچ ۵/۵ تا ۸ را تحمل می‌کند (خواجه‌پور، ۱۳۸۵).

---

۱ - Yousif

۲-۴- تاریخچه کشت کنجد در جهان و ایران

کنجد از زمان های دور به خاطر دانه‌اش که از نظر روغن، پروتئین و کربوهیدرات‌ها غنی است، کشت می‌شده و احتمالاً قدیمی‌ترین دانه روغنی است که بشر آن را شناخته است. تاریخ اهلی شدن آن در غبار گذشته گم شده است (ناصری، ۱۳۷۵). تنوع وسیع انواع وحشی کنجد در آفریقا نشان می‌دهد که احتمالاً این قاره منشأ کنجد است (خواجه‌پور،۱۳۸۴). البته شواهد و دلایلی وجود دارد که منطقه افغانستان و ایران را به عنوان موطن گونه‌های از کنجد معرفی می‌نماید (رستگار، ۱۳۸۵). این گیاه در اواخر قرن هفدهم بوسیله بردگان به آمریکا برده شد و مجموع گونه‌های مهم آن اینک در آمریکا، روسیه و هندوستان نگهداری می‌شود (خواجه‌پور، ۱۳۸۴).

این دانه روغنی در ایران و از زمان سلسه سوم حاکم بر شهر اور (۲۰۰۰-۲۱۳۰ قبل از میلاد) محصولی حایز اهمیت بوده و با کشت آن مرکز عمده انتشار این گونه به عنوان یک گیاه اهلی شد. هیچ گزارشی را نمی‌توان یافت که برای گونه‌های کنجد تاریخی، قبل از سومریان در بابل منتشر شده باشد (ناصری، ۱۳۷۵). این گیاه در زمان سلطنت داریوش بزرگ از صادرات مهم ایران به مصر به شمار می‌رفت و اکنون رقم بومی آن در نواحی اراک، خوزستان، نهاوند، مراغه و بلوچستان کشت و زرع می‌شود اما به عنوان بهترین منطقه کشت و کار در ایران باید استان خوزستان را نام برد (سعادت لاجوردی، ۱۳۵۹).

۲-۴-۱- سطح زیر کشت و تولید کنجد و سایر دانه‌های روغنی در ایران

میزان تولید دانه‌های روغنی در کشور طی سال‌های ۸۷-۸۲ در جدول ۲-۱ آمده است . بر اساس مندرجات جدول در مجموع طی سال‌های مورد بررسی، ۲۳۴۱۱۶۹ تن دانه‌های روغنی در کشور تولید شده که بیشترین میزان تولید مربوط به سال‌های ۸۶-۸۵ و کمترین میزان تولید مربوط

به سال‌های زراعی ۸۳-۸۲ می‌باشد. همچنین از نظر نوع دانه روغنی تولید شده بیشترین مقدار مربوط به کلزا به میزان ۱۱۱۴۵۲۸ است و کمترین مقدار مربوط به گلرنگ به میزان ۱۷۷۲۷ تن است. به طور کلی به جز سال زراعی ۸۷-۸۶، میزان تولید رشد داشته است. اگر چه با افزایش جمعیت و سرانه مصرف غذایی این رشد چشمگیر نبوده است (رحیمی و محمودی درخش، ۱۳۸۹).

جدول ۲-۱ میزان تولید دانه‌های روغنی در کشور طی سال‌های ۸۷-۸۲ (ارقام به تن است)

محصول	۸۳-۸۲	۸۴-۸۳	۸۵-۸۴	۸۶-۸۵	۸۷-۸۶	جمع تولید محصول
کلزا	۱۰۶۰۰۰	۲۱۲۱۱۲	۲۹۷۲۴۹	۳۱۹۳۹۸	۱۷۹۷۶۹	۱۱۱۴۵۲۸
گلرنگ	۳۱۲۰	۴۵۰۰	۳۰۵۰	۴۵۵۷	۲۵۰۰	۱۷۷۲۷
آفتابگردان	۲۴۰۰۰	۲۵۰۰	۱۹۴۷۵	۲۱۲۲۱	۱۸۳۶۴	۸۵۵۶۰
سویا	۲۳۴۰۰۰	۲۲۴۵۰۰	۱۵۷۷۸۸	۱۷۷۶۲۷	۱۸۰۶۲۶	۹۷۳۹۴۱
کنجد	۲۵۱۹۲	۳۲۸۷۷	۲۸۲,۵	۳۴۳۶۸	۲۸۷۷۱	۱۴۹۴۱۳
جمع	۳۹۲۳۱۲	۴۷۶۴۸۹	۵۰۵۱۶۷	۵۵۷۱۷۱	۴۱۰۰۳۰	۲۳۴۱۱۶۹

۲-۵- پروتئین کنجد

مقدار پروتئین دانه کنجد به مقدار نیتروژن خاک بستگی داشته و غالباً بین ۱۹ تا ۲۷ درصد متغیر می‌باشد. ضریب تبدیل نیتروژن دانه به پروتئین ۵/۳ است. پروتئین کنجد دارای مقدار زیادی اسیدهای آمینه گوگرددار می‌باشد و از این لحاظ مطلوب به شمار می‌رود اما از لحاظ لایسین فقیر

است. تعادل اسیدهای آمینه ضروری پروتئین کنجد به غیر از لایسین بسیار خوب می‌باشد (خواجه‌پور، ۱۳۸۴).

جدول ۲-۲ انواع و مقدار اسید آمینه ضروری در کنجاله کنجد.

نوع اسیدآمینه	مقدار (میلی گرم در صد گرم)
آرژین	۸/۷
هیستیدین	۱۴/۵
لیزین	۲/۸
تریپتوفان	۱/۸
فنیل آلانین	۸/۳
متیونین	۳/۱
تیروزین	۳/۵
تره اونین	۳/۶
لوسین	۷/۵
والین	۵/۱
ایزولوسین	۴/۸

۲-۵-۱- روغن کنجد

روغن کنجد در بین روغن‌های خوراکی به ملکه‌ی روغن‌ها مشهور است. دانه کنجد بیشترین میزان روغن را در بین دانه‌های روغنی دیگر داراست اما با وجود این تولید آن بسیار کمتر از دانه‌های دیگر نظیر سویا، آفتابگردان و گلرنگ است. روغن کنجد به عنوان یک روغن با قیمت و کیفیت بالا

شناخته می‌شود. میزان روغن دانه کنجد از ۴۵ تا ۶۰ درصد متغیر است. وجود بیش از ۵۰ درصد روغن در دانه مطلوب به شمار می‌رود. رنگ روغن خام کنجد زرد تیره تا زرد کمرنگ ولی روغن تصفیه شده آن زرد کمرنگ و شفاف می‌باشد و از معدود روغن‌های گیاهی است که به طور مستقیم و بدون تصفیه قابل استفاده است (سودهیر[۱] و همکاران، ۱۹۹۶؛ سوجا[۲] و همکاران، ۲۰۰۴).

روغن کنجد از ۳۲ تا ۵۴ درصد اسید اولئیک، ۳۷ تا ۵۹ درصد اسید لینولئیک، ۸ تا ۱۱ درصد اسید پالمیتیک، و ۳ تا ۶ درصد اسید استئاریک تشکیل شده و فاقد اسید لینولنیک و کلسترول می‌باشد. میزان اسیدهای چرب اشباع روغن کنجد از ۱۱ تا ۱۷ درصد متغیر است (خواجه‌پور، ۱۳۸۴). بالایی درصد اسید اولئیک سبب پایداری، و زیادی اسید لینولئیک باعث کیفیت عالی روغن کنجد برای تغذیه انسان شده است. وجود نوعی روغن به نام سزامول، موجب افزایش ثبات و پایداری روغن کنجد شده است. میزان روغن دانه در واریته‌ها و فصل‌های کشت می‌تواند به طور قابل ملاحظه‌ای تغییر کند و مانند بسیاری از دانه‌های روغنی با افزایش طول فتوپریود، درصد روغن افزایش می‌یابد (سودهیر و همکاران، ۱۹۹۶).

۲-۵-۲- موارد استفاده از روغن کنجد

روغن کنجد از نظر طعم مخصوص آن بسیار با ارزش و از بهترین انواع روغن‌های خوراکی و در ردیف روغن زیتون قرار دارد. این روغن بسیار خوب و پایدار و عاری از طعم و بوی نامطلوب بوده و برای مصارف خوراکی بسیار مناسب است (عرشی، ۱۳۷۴). دانه‌های سفید تا زرد کنجد به صورت کامل در تهیه نان، کیک و شیرینی مورد استفاده قرار می‌گیرند. دانه و برگ کنجد به عنوان داروی

---

۱ - Sudhir

۲ - Suja

گیاهی در طب سنتی کاربرد دارد. تولید ارده، حلوا ارده و حلواشکری از دانه کنجد، از کاربردهای مهم دانه کنجد می‌باشد. روغن نیمه خشک شونده به عنوان روغن سالادی و طباخی و نیز در صنایع مارگارین، صابون، رنگ، عطر، دارو و مواد آرایشی مصرف می‌شود (خواجه‌پور، ۱۳۸۴). در ایران برای آن ارزش زیادی قائل بوده و از قدیم آن را روغن پهلوانی نام گذاری کرده‌اند. از گذشته دور روغن کنجد برای چراغ‌های بتکده مصرف می‌شد. قبل از آن که صابون در دسترس عموم قرار گیرد از خاکستر بوته کنجد برای شستن لباس استفاده می‌کردند (عرشی، ۱۳۵۷).

از روغن کنجد در دارو سازی به عنوان کمکی استفاده نموده، و آن را به عنوان حلال در محلول‌های تزریقی عضلانی به کار می‌برند. این روغن دارای خواص مسهلی بوده، و به عنوان نرم کننده پوست و همچنین به عنوان تسکین دهنده التهاب، یا خراش‌های پوست مورد استفاده قرار می-گیرد. در پزشکی سنتی از روغن کنجد، برای معالجه تنگی نفس، تشنج و برطرف کردن عوارض چشم استفاده به عمل آورده و آن را همراه با اسفرزه جهت خارش بدن و سوختگی آتش توصیه نموده‌اند. روغن کنجد علاوه بر این به عنوان پادزهر سموم مورد استفاده بوده و به همین خاطر به روغن سموم هم معروف است (شریعت و فریبرز، ۱۳۷۰). کنجاله‌ی کنجد را می‌توان همراه با کنجاله سویا در جیره طیور مصرف نمود، اما نباید بیش از ۱۵ درصد جیره طیور را تشکیل دهد (خواجه‌پور، ۱۳۸۴).

۲-۶- کودهای زیستی

نخستین کود بیولوژیک با نام تجاری نیتراژین (حاوی باکتری ریزوبیوم)، بیش از یک قرن پیش (۱۸۹۵) برای فروش عرضه شد (جونز[۱] و لوئیز[۲]، ۱۹۹۳)؛ و متعاقب آن مراکز متعددی، کار تولید گونه‌های مختلف ریزوبیوم و برخی باکتری‌های دیگر (ازتوباکتر، فسفوباکترها و ...) را آغاز کردند. امّا

۱- Jons ۲ - Luize

افزایش جمعیت دنیا و لزوم تولید بیشتر محصولات کشاورزی در ۵۰ سال اخیر، فشار بر زمین‌های کشاورزی از طریق کاربرد مقادیر بیشتر کودهای شیمیایی را در پی داشته است. مقدار کل کودهای شیمیایی مصرفی (بر اساس عنصر) در جهان در سال ۱۹۶۱ تقریباً معادل ۱۰ میلیون تن بوده است، در حالی که در چهار دهه اخیر مصرف کودهای نیتروژن و فسفر به ترتیب ۹ و ۴ برابر شده است (وانس[۱]، ۲۰۰۱). بر اساس گزارشات سازمان کشاورزی و خواربار جهانی فائو[۲] بین ۶۰-۴۰ درصد افزایش تولیدات کشاورزی در جهان طی چند دهه گذشته مرهون مصرف کودهای شیمیایی بوده است (بی‌نام، ۱۳۸۲؛ مرشدی، ۱۳۸۲).

این افزایش مصرف علاوه بر ایجاد خسارت‌های مالی، خطرات جدی در ارتباط با آلودگی خاک و آب بوجود آورده است (اسکولز [۳]و همکاران، ۱۹۹۵؛ وانس ۲۰۰۱). غلبه بر این مشکلات اکولوژیکی و در عین حال افزایش تولید محصولات زراعی نیازمند بهبود تکنیک‌های نوین زراعی است. از جمله این تکنیک‌ها بررسی و ارزیابی جامعه زنده و فعال خاک به منظور شناسایی ریز موجودات خاکزی سودمند و استفاده از آنها به عنوان کودهای زیستی است. کودهای زیستی مواد نگهدارنده‌ای با انبوه متراکم یک یا چند موجود مفید خاکزی و یا به صورت فرآورده‌های متابولیت این موجودات می‌باشد که در ناحیه اطراف ریشه و یا بخش‌های داخلی تشکیل کلونی داده و رشد گیاه میزبان را با روش‌های مختلف تحریک می‌کنند (وو[۴] و همکاران، ۲۰۰۵).

کاربرد تولیدات زیستی در تغذیه گیاهان زراعی به عنوان راهکارهای بنیادین برای توسعه سیستم‌های مدیریت تلفیقی[۵] تغذیه گیاه و به منظور افزایش کمی و کیفی مواد غذایی در واحد سطح از طریق تلفیق روش‌های تغذیه معدنی و آلی گیاهان زراعی اخیراً مورد توجه قرار گرفته است (منافی و کلوپر[۶]، ۱۹۹۴). از انواع کودهای زیستی می‌توان به باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه، قارچ‌های مایکوریزا و میکروارگانیسم‌های حل کننده فسفات اشاره نمود. نخستین مایه تلقیح کود

---

۱ - Vance ۲- FAO ۳- Scholtz ۴- Wu ۵- Integrated management
۶- Manaffee and Kloepper

زیستی باکتری رایزوبیوم به نام نیتراجین توسط هیلتنر و ناب در امریکا در ۱۸۹۵ صورت گرفت (وسی[۱]، ۲۰۰۳). ریز موجوداتی که به عنوان کود زیستی به کار می‌روند، همانند کودهای شیمیایی عناصر غذایی جدیدی را به خاک وارد نکرده، بلکه تنها از منابع موجود در محیط استفاده می‌نمایند. در واقع ریز موجوداتی به عنوان کود زیستی مورد استفاده قرار می‌گیرند که با مورد استفاده قرار می گیرند که با استفاده از تثبیت بیولوژیک نیتروژن، افزایش قابلیت دسترسی به عناصر غذایی (توسعه سیستم ریشه‌ای) سبب افزایش رشد گیاه شوند، به همین دلیل در تولید کودهای زیستی از ترکیب انواعی از ریزموجودات استفاده می‌شود تا به طور همزمان رشد گیاه با روش‌های مختلف تحت تأثیر قرار گیرد (احمدی، ۱۳۹۰).

۲-۷- قارچ مایکوریزا و تاریخچه آن

قارچ‌های مایکوریزا از با اهمیت‌ترین میکروارگانیسم‌های موجود در اغلب خاک‌های تخریب نشده می‌باشند. به طوری که بر طبق تخمین‌های موجود حدود ۷۰ درصد از توده زنده جامعه میکروبی خاک را میسیلیوم این قارچ‌ها تشکیل می‌دهد (موکرجی و چامولا[۲]، ۲۰۰۳). اولین گزارش مبنی بر وجود این قارچ‌ها در اطراف گیاه میزبان و به وجود آمدن یک رابطه همزیستی مایکوریزی به تحقیقات صورت گرفته توسط هارتینگ در سال ۱۸۴۰ مربوط می‌شود. وی اگر چه این قارچ‌ها را به عنوان یک ارگانیسم مستقل معرفی نکرد، لیکن وجود ریسه‌های ظریف ویژه‌ای را در اطراف سیستم ریشه‌ای درخت کاج گزارش نمود. فرانک در سال ۱۸۸۵ که به دنبال بررسی راهکارهایی به منظور کشت قارچ‌های خوراکی در منطقه جنگلی پروزیا بود، ساختمان حاصل از فعالیت‌های مشترک ریشه گیاه میزبان و قارچ‌های مایکوریزایی هم‌زیست را شناسایی و آن را مایکوریزا نامید (پاول و کلارک[۳]، ۱۹۸۹).

۱- Vessey ۲- Mukerji and Chamola ۳- Paul and Clark

اصطلاح مایکوریزا در واقع از دو کلمه تشکیل شده است. یکی از کلمه یونانی mikes به معنی قارچ و دیگری کلمه‌ای با ریشه لاتین rhiza که به معنی ریشه می‌باشد و به معنی رابطه هم‌زیست به وجود آمده بین ریشه گیاه میزبان و قارچ‌های مایکوریزایی است. از زمان شناسایی رابطه هم‌زیستی مایکوریزایی تاکنون دانشمندان این رابطه هم‌زیستی را از ابعاد مختلف تعریف کرده و اهمیت آن را یاد آور شده‌اند. همزیستی بین اغلب گیاهان آوندی (بیش از ۸۵ درصد) با قارچ‌های مایکوریزایی موجود در خاک به وجود می‌آید و نتیجه حاصل از این همزیستی فعالیت قارچ در جهت جذب و انتقال عناصر غذایی به گیاه میزبان از یک طرف و از طرف دیگر دریافت ترکیبات کربنه حاصل از فتوسنتز گیاه میزبان توسط قارچ هم‌زیست می‌باشد (هارلی و اسمیت[۱]،۱۹۸۳). این هم‌زیستی بین گیاهان و قارچ-هایی که در سیستم ریشه‌ای گیاه به قارچ هم‌زیست منتقل شده و در ادامه عناصر غذایی از قارچ به گیاه منتقل می‌گردد (آلن[۲]، ۱۹۹۱). همزیستی مایکوریزایی یکی از شناخته شده‌ترین و در عین حال گسترده‌ترین و مهم‌ترین رابطه هم‌زیستی موجود در کره زمین است (آلن، ۱۹۹۱). از آنجا که اکثر گیاهان مورد استفاده در تغذیه انسان و تعلیف دام و طیور دارای هم‌زیستی مایکوریزایی می‌باشند با انتخاب و به کارگیری بهترین ترکیب گیاه میزبان و قارچ همزیست می‌توان به طور مؤثری از این همزیستی در افزایش تولید محصولات کشاورزی استفاده کرد. همچنین با استفاده از این سیستم همزیستی می‌توان با کاهش مصرف نهاده‌های شیمیایی از قبیل کودهای شیمیایی و سموم، سیستم کشت و کار سالم‌تر و محیط زیست عاری از آلودگی‌های جانبی داشت (آبوت و رابسون[۳]، ۱۹۹۱).

گیاهانی که دارای همزیستی مایکوریزایی می‌باشند به دلیل اینکه عناصر غذایی و آب بیشتری از خاک جذب می‌نمایند دارای رشد بیشتری بوده و عملکرد بیشتری خواهند داشت. همچنین مقاومت بیشتری در مقابل تنش‌های زنده (عوامل بیماریزا که ریشه گیاهان را مورد حمله قرار می‌دهند) و غیر زنده (خشکی، سرما و شوری) از خود نشان می‌دهند (سیلویا و ویلیامز[۴]، ۱۹۹۲).

---

۱ - Harley and Smith ۲- Allen ۳- Abbott and Robson ۴- Sylvia and Williams

رابطه همزیستی مایکوریزایی تمامی جنبه‌های بیولوژیکی سیستم ریشه گیاه میزبان را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد. همچنین تمامی گیاهان به نحوی در ارتباط با رابطه همزیستی مایکوریزایی می‌باشند. با توجه به اینکه گیاهان اولین تولید کنندگان در هر اکوسیستمی می‌باشند، لذا می‌توان نتیجه گیری کرد تمامی موجودات زنده و تمامی اکوسیستم‌ها از باکتری‌ها گرفته تا انسان و از اراضی مرطوب تا صحراهای خشک به نحوی وابسته به روابط همزیستی مایکوریزایی می‌باشند (آلن، ۱۹۹۲).

از آنجایی که قارچ‌های مایکوریزایی موجب افزایش توانایی گیاه میزبان در جذب فسفر و عناصر معدنی از خاک و بخصوص از منابع غیر قابل دسترس آنها می‌شوند، لذا به این میکروارگانیسم‌های مفید لفظ کود زیستی[۱] اطلاق شده و عقیده بر این است که قارچ‌های مایکوریزایی می‌توانند جایگزین خوبی برای قسمتی از کودهای شیمیایی مصرف شده مخصوصاً کودهای فسفاته در اکوسیستم‌های مختلف می‌باشند (موکرجی و چامولا، ۲۰۰۳).

۲-۷-۱- رابطه همزیستی مایکوریزا آرباسکولار

رایج‌ترین نوع همزیستی مایکوریزایی که تقریباً در تمامی جوامع گیاهی از عرصه منابع طبیعی تا اراضی کشاورزی، حضوری چشمگیر دارد رابطه مایکوریزا آرباسکولار[۲] می‌باشد. این نوع رابطه همزیستی بین ریشه گیاهان بازدانه، نهاندانه، سرخس‌ها، خزه‌ها و قارچ‌های مایکوریزا آرباسکولار متعلق به کلاس زیگومیست به وجود می‌آید. در بین نهاندانگان تعدادی از خانواده‌ها از جمله تاج خروس[۳]، شب‌بو[۴]، سلمه تره[۵] فاقد این نوع همزیستی می‌باشند. بقیه خانواده‌های گیاهی و بخصوص آنهایی که دارای ارزش اقتصادی برای انسان می‌باشند همگی از میزبان‌های این قارچ‌ها هستند(شارما و جوهری[۶]، ۲۰۰۲).

---

۱ - Biofertilizar ۲- Arbuscular mycorrhizae ۳- Amaranthus ۴- Brassica
۵- Chenopodium ۶-Sharma and Johri

قارچ‌های مایکوریزا نوع آرباسکولار بیوتروف‌های اجباری می‌باشند بدین معنی که فقط در حضور گیاه میزبان مناسب قادر به اسپورزایی و تکمیل سیکل زندگی خود می‌باشند در حالی که وابستگی گیاه میزبان به این قارچ‌ها با توجه به نوع گیاه به دو صورت اجباری و اختیاری است. بر طبق شواهد دیرینه شناسی از عوامل اصلی استقرار گیاهان بر روی خشکی‌ها برقراری این نوع رابطه همزیستی مایکوریزایی بوده و به این دلیل این قارچ‌ها تأثیر بسیاری بر نحوه تکامل سیستم ریشه‌ای داشته‌اند. تمامی این قارچ‌ها اندام خاصی را به نام آرباسکول در پوست ریشه گیاه میزبان به وجود می‌آورند که در واقع محل تبادل عناصر غذایی بین دو همزیست می‌باشد. اندام خاص دیگری که در این نوع همزیستی به وجود می‌آید ویزیکول نام دارد که در واقع مملو از مواد غذایی بوده و در واقع نقش ذخیره‌ای یا کلونیزه کردن گیاه میزبان را ایفا می‌نماید. از آنجا که ویزیکول دو جنس *Scutellospora* و *Gigaspora* تشکیل نمی‌شوند، لذا به جای استفاده از نام قارچ‌های مایکوریز ویزیکولار- آرباسکولار از واژه صحیح‌تر قارچ‌های مایکوریز آرباسکولار برای نام‌گذاری این قارچ‌ها استفاده می‌شود (شارما و جوهری، ۲۰۰۲).

۲-۸- باکتری‌های ریزوسفری

باکتری‌ها یکی از رایج‌ترین ریزموجودات تک سلولی خاکزی و از گروه پروکاریوت‌ها[۱] بوده که دارای نقش مهمی در اکثر چرخه‌های اکولوژی کره زمین می‌باشند (میلر و جاسترو[۲]، ۱۹۹۲). باکتری‌ها فاقد غشا و هسته بوده و از نظر متابولیکی می‌توانند هتروتروف و یا شیمیومورف باشند. تکثیر آنها عمدتاً از طریق تقسیم دوتایی صورت می‌پذیرد. باکتری‌ها در خاک ممکن است متحرک یا غیر متحرک باشند. اغلب باکتری‌های خاکزی جذب سطحی ذرات خاک می‌شوند. باکتری‌ها و خاک بار الکتریکی منفی داشته و از طریق پل‌های یونی از قبیل کاتیون‌های چند ظرفیتی به یکدیگر متصل

۱ - Procariots ۲- Miller and Jastrow

می‌شوند. بعضی از باکتری‌های خاکزی عبارتند از باسیلوس، سودوموناس، آرتوباکتر، کلوستریدیوم، نیتروزوموناس، میکروکوکوس، ریزوبیا، ازتوباکتر ، استوباکتر و آزسپریلوم (میلر و جاسترو، ۱۹۹۲).

ریزوسفر[۱] به لایه نازکی از خاک اطراف ریشه اطلاق می‌شود که جامعه موجودات زنده آن ناحیه از نظر کمی و کیفی تحت تأثیر فعالیت‌های حیاتی ریشه مانند تنفس و تغذیه قرار می‌گیرند (بوون و رویرا، ۱۹۹۹). به دلیل وجود ترشحات ریشه‌ای و مواد غذایی فراوان حضور و فعالیت جامعه زنده میکروارگانیسم‌ها در ریزوسفر بسیار چشمگیرتر از خاک اطراف این منطقه می‌باشد. افزایش تراکم جمعیت باکتری‌ها در این بخش و فعالیت آنها در محیط ریشه ممکن است باعث ایجاد تغییرات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی در گیاه شود که غالب این تغییرات تأثیر مثبت بر روی رشد، تغذیه و سلامت گیاه داشته و به این جهت، این دسته از جانداران تحت عنوان باکتری‌های محرک رشد گیاه نامیده می‌شوند (سانهیتا گوپتا[۲] و همکاران، ۱۹۹۵).

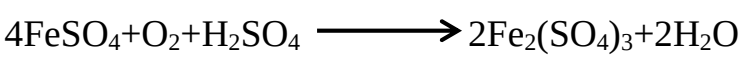
۲-۸-۱- باکتری تیوباسیلوس و تاریخچه آن

تیوباسیلوس باکتری گرم منفی، اسید دوست و شیمیولیتوتروف است که توانایی تبدیل انرژی برای رشد از اکسیداسیون فروس به یک یون فریک و عنصر گوگرد یا احیای ترکیبات غیرآلی گوگرد به سولفات با استفاده از اکسیژن بعنوان پذیرنده الکترون می‌باشد (کلی و وود[۳]، ۲۰۰۰). این توانایی خصوصاً برای انحلال عناصر غذایی مفید بوده، زیرا این باکتری توانایی اکسید عنصر سولفید و تولید محلول سولفید را دارد. این باکتری یکی از مهمترین میکروارگانیسم‌های دخیل در انحلال بیولوژیکی سولفید است. مکانیسم‌های مستقیم و غیر مستقیم در این فرآیند نقش دارند. در فرآیند مستقیم انحلال مواد غذایی توسط سیستم آنزیمی باکتری که باعث تبدیل اکسید سولفید به سولفات می‌گردد.

---

۱ - Rhizospher ۲- Sanhita- Gupta ۳- Kelly and Wood ۴- Gonzalez-Toril ۵- Kamimura

مکانیسم غیرمستقیم (کلی و وود، ۲۰۰۰) آهن فریک تولید شده توسط تیوباسیلوس از اکسیداسیون آهن فروس به عنوان عامل واکنش دهنده شیمیایی با مواد معدنی است، اکسیداسیون باکترایی آهن فروس براساس واکنش زیر است:



$$4FeSO_4+O_2+H_2SO_4 \longrightarrow 2Fe_2(SO_4)_3+2H_2O$$

۲-۸-۲- زیستگاه طبیعی و شرایط رشدی مورد نیاز

تیوباسیلوس با احیای ترکیبات غیر آلی گوگردی یا آهن بعنوان پذیرنده الکترون، اغلب در رسوبات سولفیدی سراسر جهان، باتلاق‌های وابسته به رسوبات سولفیدی (گنزالس‌توریل[۱] و همکاران، ۲۰۰۳) و آبراه‌ها (کامیمورا[۲] و همکاران، ۲۰۰۳) یافت می‌شود. این باکتری توانایی رشد در شرایط نامساعد دارد (دروبنر[۳] و همکاران، ۱۹۹۰؛ هالبرگ و لیندستروم[۴]، ۱۹۹۴). حضور آنزیم‌های چرخه کالوین در باکتری‌های تیوباسیلوس (آپیا-آیم[۵] و همکاران، ۲۰۰۶؛ کاسانو[۶] و همکاران، ۱۹۹۱) آنها را قادر می‌سازد تا CO_2 را تثبیت کند و سبب رشد آنها در محیط‌هایی با غلظت کربن بسیار کم می‌شود (دولد[۷] و همکاران، ۲۰۰۵).

اعضای جنس باکتری تیوباسیلوس اسید دوست (pH بهینه بین ۲ الی ۴) می‌باشند امّا برای باکتری تیوباسیلوس تیواکسیدانس، pH ۵/۵ مطلوب می‌باشد. همچنین باکتری تیوباسیلوس از لحاظ دمایی مزوفیل می‌باشد. تیوباسیلوس کالدوس که گرمادوست بوده و دمای مطلوب آن حدود ۴۵ درجه سانتیگراد است (کلی و وود، ۲۰۰۰).

---

۱ - Gonzalez-Toril ۲- Kamimura ۳- Drobner ۴- Hallberg and Lindstrom ۵- Appia-Ayme ۶- Kusano ۷- Dold

تلقیح گوگرد با باکتری تیوباسیلوس سبب افزایش سرعت اکسایش گوگرد و تعدیل pH خاک می‌گردد. نتایج نشان می‌دهد که وقتیکه گوگرد عنصری استفاده شود، یک واکنش بیولوژیکی در خاک، توسط گونه‌های مختلف تیوباسیلوس (باکتری‌های اکسید کننده گوگرد) رخ می‌دهد که منجر به تولید اسید سولفوریک وکاهش pH خاک می‌شود که میزان اکسیداسیون گوگرد در خاک‌های تلقیح نشده است. درتحقیقی مشابه در یک خاک سولونتزی معلوم شد که در اثر تلقیح خاک با باکتری *T. thiooxidans* و *T. thioparus* سرعت اکسایش گوگرد نسبت به شاهد به طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد (تیسدل[۱] و همکاران، ۱۹۸۴). مطابق این یافته، استامفورد[۲] و همکاران (۲۰۰۲) اظهار کردند کاربرد گوگرد تلقیح شده با تیوباسیلوس موجب کاهش شدید pH خاک گردید.

۱ - Tisdale ۲- Stamford

فصل سوم

بررسی منابع

۳-۱- گوگرد

گوگرد یکی از عناصر ضروری برای ادامه حیات موجودات زنده است که به صورت جامد، محلول و گاز در سطح وسیعی از کره زمین یافت می شود. قشر زمین دارای ۰/۰۶۶ درصد گوگرد است که بیشتر به صورت سولفید و سولفات فلزات است و از نظر مقدار در ردیف ششم عناصر موجود در زمین قرار می‌گیرد. مقدار کل گوگرد در خاک های زراعی معمولاً کمتر از ۰/۰۱۴ درصد است (سالار دینی، ۱۳۷۱). چرخه گوگرد در سیستم اتمسفر، گیاهان و خاک مشابه چرخه نیتروژن می‌باشد که در هر دو اجزا گازی و شکل‌های اصلی با مواد آلی خاک در ارتباط است (تیسدال و همکاران، ۱۹۹۳). گوگرد به صورت معدنی و آلی در خاک یافت می شود و میزان آن در خاک بستگی به مقدار مواد آلی، رس و نزدیکی به مراکز صنعتی و غیره دارد. گوگرد از راه های مختلف مانند مصرف کودهای گوگردی، اتمسفر، آب آبیاری، سموم و آفت کش ها به خاک اضافه و از طریق جذب گیاه تصعید، فرسایش خاک و آبشویی از خاک خارج می‌شود (بشارتی، ۱۳۷۸). سولفات در مناطق خشک و نیمه خشک به سرعت به شکل نمک‌های محلول و نامحلول در می‌آید و توسط موجودات زنده مورد استفاده قرار می‌گیرد. کاهش s^{-2} یا گوگرد توسط میکروارگانیسم‌ها در شرایط بی‌هوازی و با انتقال از طریق رواناب و شستشو به دریاها صورت می‌گیرد. اقیانوس‌ها تقریبا ppm ۲۷۰۰ سولفات دارند اگر چه مقدار آن در آب‌های طبیعی از ۰/۵ تا ۵۰ppm می‌رسد (کیل هام[۱]، ۱۹۹۴).

۳-۱-۱- اهمیت گوگرد

گوگرد یکی از عناصر غذایی پرمصرف و ضروری برای تمام موجودات زنده می باشد. در سال‌های اخیر، کمبود گوگرد (S) به یک مشکل افزاینده‌ای برای کشاورزی تبدیل شده، و در نتیجه

۱ - Killham

موجب کاهش پارامترهای کیفی و عملکرد گیاهان زراعی شده است (مک گرات[1] و همکاران، ۱۹۹۶). گوگرد به عنوان چهارمین ماده مغذی گیاه شناخته شده و کمبود آن بیشتر در خاک‌هایی با بافت سبک که از لحاظ مقدار ماده آلی فقیر بوده، می‌باشد. افزایش کمبود گوگرد در نتیجه کشت‌های فشرده بدون اضافه نمودن کودهای حاوی گوگرد، تجزیه بالای کودهایی مانند اوره، دی‌آمونیوم فسفات و کلراید پتاس می‌باشد (کوتاری و جترا[2]، ۱۹۹۴). گوگرد مکان مهمی را پس از نیتروژن، فسفر و پتاسیم در برنامه تعادل باروری به دلیل استفاده از کودهای حاوی گوگرد مانند دی آمونیوم فسفات اشغال کرده است (موکرجی و سینگ[3]، ۲۰۰۲).

۳-۱-۲- نقش گوگرد در گیاه

مقدار گوگرد در پوسته زمین حدود ۰/۰۶۶ درصد بوده و از نظر فراوانی در لیتوسفر در ردیف ششم و از لحاظ مقدار مورد نیاز گیاه پس از سه عنصر اصلی نیتروژن، فسفر، پتاسیم و کلسیم در مرتبه پنجم قرار دارد. هر چند که در برخی منابع آن را بعد از سه عنصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم چهارمین عنصر مهم معرفی کردند (موکرجی و سینگ، ۲۰۰۳). مقدار گوگرد در خاک‌ها از ۰/۰۰۲ درصد (در خاک های شدیداً هوا دیده و آبشویی شده) تا ۵ درصد (در خاک‌های شور و آهکی و شور) متغیر می باشد. مقدار گوگرد در گیاهان تقریباً مشابه فسفر (۰/۲ درصد) است و این نسبت بالا نمایانگر اهمیت آن در تغذیه گیاهی است و از طرفی گوگرد از لحاظ کیفی به اندازه نیتروژن در تشکیل پروتئین‌های سلولی اهمیت دارد. گوگرد بدلیل نقش در تشکیل ترکیبات اسیدهای آمینه حاوی گوگرد، سنتز پروتئین، ویتامین، کلروفیل و روغن اهمیت ویژه‌ای دارد (کاسار و کاتکاب[4]،

---

۱ – McGrath ۲- Kothari and Jethra ۳- Mukherjee and Singh ۴- Kacar and Katkat

۲۰۰۷). کمبود گوگرد در دانه‌های روغنی موجب کاهش کیفیت غذایی این دانه‌ها برای انسان می‌شود (سینگ و بانسال[۱]، ۱۹۹۹).

تعادل حاصلخیزی خاک به منظور دستیابی به پتانسیل عملکرد و بهبود کیفیت محصولات گیاهی امری حیاتی است. کاربرد مناسب کودها و ایجاد توازن بین عناصر غذایی می‌تواند سبب بهبود دسترسی عناصر غذایی از جمله گوگرد برای گیاهان شود. در دهه‌های اخیر پیشرفت‌های زیادی در کاهش رسوب گازهای گلخانه‌ای در جوّ شده، که منجر به کاهش رسوب گوگرد در زمین‌های کشاورزی شده است (مک گرات و همکاران، ۱۹۹۶). در حالی که این رسوبات به تنهایی نیاز گیاه را تامین می‌نمود، امّا در حال حاضر می‌بایست به مقدار توصیه شده برای غلّات و دانه‌های روغنی کود گوگرد بکار برده شود. مدل‌سازهای پیش‌بینی شده نشان داده که بیشتر زمین‌های کشاورزی در خطر وقوع کمبود گوگرد هستند. پیش‌بینی شده است که کمبود گوگرد احتمالاً برای گیاهان دانه روغنی بدلیل نیاز بالا، بیشتر از غلّات می باشد (مک گرات و همکاران، ۱۹۹۶).

۳-۱-۳- تاثیرات کمبود گوگرد

پیامدهای زراعی، ناکافی بودن گوگرد با کاهش عملکرد، تاثیر قابل توجهی بر روی محتوای گوگرد تحت شرایط کمبود شدید به خوبی بیان شده است. در بسیاری موارد تنش متوسط کمبود گوگرد ممکن است تاثیر کمی بر عملکرد داشته باشد اما تاثیر شدیدی یر کیفیت، از طریق تغییر نسبت N/S می‌گذارد (ژائو[۲] و همکاران، ۱۹۹۶). طی مطالعات انجام شده در بریتانیا توسط مک گرات و همکاران (۱۹۹۶) در سال‌های ۱۹۸۱ تا ۱۹۸۳ بر گندم مشاهده کردند افزایش نسبت N/S و کمبود گوگرد دانه گندم بدلیل کاهش گوگرد اتمسفر می‌باشد. همچنین بیان شده، محدود شدن دسترسی

۱- Singh and Bansal ۲- Zhao

گوگرد در گندم سبب سنتز و تجمع پروتئین‌های گوگردی فقیر مانند گلیادین در دانه می‌شود (ماس[۱] و همکاران، ۱۹۸۱؛ فالینگتون[۲] و همکاران، ۱۹۸۷). این تغییرات ترکیب پروتئینی همراه با تغییر در خاصیت خمیر و کیفیت نان می‌شود.

گیلبرت[۳] و همکاران (۱۹۹۷) گزارش کردند کمبود گوگرد در گیاهچه‌های جوان گندم سبب کاهش سرعت آسیمیلاسیون CO_2، فعالیت آنزیم روبیسکو و تعادل پروتئین‌ها می شود. این در نتیجه کاهش سنتز پروتئین‌های جدید تحت شرایط محدودیت گوگرد و تجزیه برخی پروتئین‌ها برگ‌های پیر می‌باشد. عدم سنتز آنزیم روبیسکو و کلروز برگ‌های جوان ناشی از کاهش مقدار کلروفیل است (بروک[۴] و همکاران، ۱۹۸۶). یکی دیگر از تاثیرات متابولیکی تنش گوگرد، کاهش هدایت هیدرولیکی در ریشه است (کارموکار[۵] و همکاران، ۱۹۹۱)، که بصورت سیگنال‌های مواد غذایی ناشی از گرسنگی از ریشه به ساقه می‌باشد. پیشنهاد شده که بسته شدن روزنه‌ها و محدود شدن جذب دی‌اکسید کربن، محدودیت نیاز متابولیکی برای گوگرد است.

علائم آشکار کمبود گوگرد، کاهش منابع داخلی گوگرد و افزایش منابع محلول نیتروژن، از جمله نیترات و آمیدها که می‌تواند پیامدی از عدم تعادل نسبت N/S در گیاه می‌باشد (کارموکار و همکاران، ۱۹۹۱؛ ژائو و همکاران ۱۹۹۷؛ واریلو و هاوکسفورد[۶]، ۱۹۹۸). چند منبع گوگرد در بافت گیاهی وجود دارد که به صورت سولفات یا فراکسیون پروتئین است. فراوانی نسبی این دو فراکسیون وابسته به نوع بافت خاص و تغذیه قبلی گیاه دارد (بلیک-کالف[۷] و همکاران، ۱۹۹۸). دیگر منابع کوچک گوگرد شامل اسیدهای آمینه آزاد، سیستئین و متیونین، آنزیم تری پپتید گلوتایتون و سولفولیپید هستند.

---

۱ - Moss ۲- Fullington ۳- Gilbert ۴- Burke ۵- Karmokar
۶- Warrilow and Hawkesford ۷- Blake-Kalff

۳-۱-۴- پاسخ برخی گیاهان زراعی به تغذیه گوگرد

تعادل حاصلخیزی خاک امری حیاتی به منظور دستیابی عملکرد بلقوه و بهبود کیفیت در گیاهان زراعی می‌باشد. نیتروژن و گوگرد به منظور بهبود کیفیت و عملکرد شناخته شده‌اند (تاندون[۱]، ۱۹۹۱). طی آزمایشی به طور متوسط مقدار عملکرد دانه ذرت با افزودن ۴۵ کیلوگرم گوگرد در هکتار، در مقایسه با کاربرد ۰، ۱۵ و ۳۰ کیلوگرم، به ترتیب ۹/۳۹، ۵/۲۳ و ۲/۴۳ درصد افزایش یافت (ماوریا[۲] و همکاران، ۲۰۰۵). همچنین گزارش نمودند حداکثر مقدار شاخص برداشت (۳۳/۷۳ درصد) با کاربرد ۴۵ کیلوگرم گوگرد در هکتار حاصل شد. ماوریا و همکاران (۲۰۰۵) پی بردند که کاربرد ۴۵ کیلوگرم گوگرد در هکتار موجب افزایش قابل توجهی در اجزای عملکرد همچون، تعداد بلال در بوته، طول بلال، تعداد دانه در بلال و وزن هزار دانه ذرت نسبت به دیگر سطوح پایین گوگرد شد. افزایش کاربرد گوگرد تا سطح ۴۰ کیلوگرم در هکتار موجب افزایش معنی داری در عملکرد گندم (شارما و مانوهار[۳]، ۲۰۰۲ و دی‌وال و پاریک[۴]، ۲۰۰۴) و عملکرد کاه در گندم تا ۶۰ کیلوگرم افزایش یافت (شارما و مانوهار، ۲۰۰۲). کاربرد گوگرد سبب بهبود رشد گیاه، افزایش مقدار نیتروژن، گوگرد و فسفر در بافت گیاه جو شده است (ابو- رادی و نابالسی[۵]، ۱۹۸۹).

دادهیچ و گوپتا[۶] (۲۰۰۵) اظهار کردند کاربرد ۶۰ کیلوگرم گوگرد در مقایسه با استفاده ۰، ۲۰ و ۴۰ کیلوگرم گوگرد بترتیب ۳۶/۱، ۱۳/۵ و ۲/۲ درصد علوفه سبز ارزن را افزایش داد.عملکرد دانه و بیوماس سویا با افزایش سطوح فسفر و گوگرد افزایش معنی‌داری یافت (ماجومدار[۷] و همکاران، ۲۰۰۱). رامامورتی[۸] و همکاران (۱۹۹۶)، گزارش نمودند که بیشترین عملکرد دانه سویا با کاربرد ۴۰ گیلوگرم گوگرد در هکتار بدست آمد که نسبت به شاهد معنی‌دار بود. همچنین سینگ و سینگ (۱۹۹۵) یافتند که بکار بردن ۳۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد باعث افزایش معنی‌دار عملکرد دانه سویا نسبت به شاهد در طی ۲ سال گردید. کاربرد ۴۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد موجب افزایش معنی‌داری

---

۱ -Tandon ۲- Maurya ۳- Sharma and Manohar ۴- Dewal and Pareek ۵- Abo-Rady
۶- Dadhich and Gupta ۷- Majumdar ۸- Ramamoorthy

در تعداد غلاف در بوته، وزن ۱۰۰ دانه (به ترتیب ۷/۶ و ۲/۶ درصد) نسبت به تیمار شاهد گردید (ماجومدار و همکاران، ۲۰۰۱).

۳-۱-۵- تأثیر گوگرد در مقدار پروتئین، روغن و عملکرد زراعی

کاربرد گوگرد سبب افزایش عملکرد پروتئین دانه ارزن شد که افزایش پروتئین ناشی از کاربرد گوگرد می‌تواند ناشی از بهبود جذب نیتروژن توسط گیاه باشد (دادهیج و گوپتا، ۲۰۰۵). محتوای پروتئین و روغن دانه سویا با افزایش کاربرد گوگرد افزایش معنی‌داری داشت (ماجومدار و همکاران، ۲۰۰۱). افزایش محتوای روغن با کاربرد گوگرد می‌تواند ناشی از کمک گوگرد در سنتز روغن از طریق افزایش سطح تیوگلکوزیدها می‌باشد (دیویدی و باپتا[۱]، ۱۹۹۸). همچنین کومار[۲] و سینگ (۱۹۸۱)، نشان دادند که کاربرد گوگرد سبب افزایش محتوای روغن و پروتئین دانه سویا می‌شود. سینگ و همکاران (۱۹۸۷) گزارش کردند افزایش محتوی روغن دانه آفتابگردان می تواند ناشی از دخالت گوگرد در بیوسنتز روغن می‌باشد. کاربرد گوگرد عملکرد روغن کنجد را به طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد افزایش داد. از آنجائیکه گوگرد بخش اصلی کوآنزیم A و محرک اصلی سنتز اسیدهای چرب در گیاه می‌باشد. همچنین تحقیقی روی نیشکر صورت گرفت که نتایج نشان داد کاربرد کود گوگرد سبب افزایش عملکرد شکر گردید (شوکلا و لال[۳]، ۲۰۰۷).

---

۱ - Dwivedi and Bapat ۲- Kumar ۳- Shukla and Lal

۳-۲- اکسایش گوگرد

واکنش‌های اکسایش گوگرد (S) و هیدروژن سولفید (H_2S) نشان می‌دهد که همانند اکسایش نیتروژن، اکسایش گوگرد یک فرآیند اسیدی شدن است که طی دو فرایند شیمیایی وبیولوژیک صورت می‌گیرد(ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۰).

اکسایش بعضی از ترکیبات گوگردی از جمله سولفیت‌ها (SO_3^{2-}) و سولفید (S^{2-}) یک اکسایش شیمیایی است. بدلیل اینکه اکسیداسیون شیمیایی گوگرد بسیار کند و بطئی است لذا قسمت اعظم گوگرد موجود در خاک توسط میکروارگانیسم‌ها اکسید می‌شود. باکتری تیوباسیلوس باکتری رایج شیمیولیتوتروف و مهمترین باکتری اکسید کننده گوگرد در خاک می‌باشد (ژی-هوی[۱]، ۲۰۱۰). تیوباسیلوس با استفاده از گوگرد به عنوان منبع انرژی، مهمترین میکروارگانیسم کاتالیز سولفید می‌باشد با این حال گزارش شده است که تعداد این باکتری‌ها در اکثر خاک‌های زراعی کم می‌باشد (کاپمن[۲]، ۱۹۹۰؛ لارنس و جرمیدا[۳]، ۱۹۹۱). در صورتی که جمعیت این باکتری‌ها در خاک پایین باشد، مصرف گوگرد همراه با این باکتری‌ها در خاک‌های قلیایی و آهکی، اثرات سودمندی را به دنبال خواهد داشت (وان رایت[۴]، ۱۹۸۴). در یک بررسی مشخص شد که میزان اکسیداسیون گوگرد در خاک‌های تلقیح شده با باکتری‌های تیوباسیلوس حدود ۱۱ برابر بیشتر از خاک‌های تلقیح نشده است. در تحقیقی مشابه در یک خاک سولونتزی معلوم شد که در اثر تلقیح خاک با باکتری *T. thiooxidans* و *T. thioparus* سرعت اکسایش گوگرد نسبت به شاهد به طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد (تیسدل و همکاران، ۱۹۸۴).

۱-Zhi-Hui ۲- Chapman ۳- Lawrence ۴- Wainwright

۳-۲-۱- عوامل مؤثر بر اکسایش گوگرد در خاک

از آنجا که اکسیداسیون شیمیایی گوگرد در خاک بسیار کند و بطئی بوده و قسمت اعظم گوگردموجود در خاک توسط میکروارگانیسم‌های اکسید کننده گوگرد را تحت تاثیر قرار دهد، بر میزان اکسیداسیون گوگرد در خاک نیز اثر خواهد گذاشت. مهمترین عوامل مؤثر بر اکسیداسیون گوگرد را می‌توان به صورت زیر برشمرد:

میزان عناصر غذایی موجود در خاک، مقدار مصرف گوگرد، نحوه مخلوط کردن گوگرد با خاک، درجه حرارت، تهویه و رطوبت خاک، pH خاک، مواد آلی، اندازه ذرات گوگرد، شوری خاک و تلقیح خاک با باکتری‌های تیوباسیلوس (جانزن و بتانی[۱]، ۱۹۸۷؛ واتکینسون و بولان[۲]، ۱۹۹۸؛ لی[۳] و همکاران، ۲۰۰۰).

اکسایش گوگرد به اندازه ذرات گوگرد (لفروی[۴] و همکاران، ۱۹۹۷) و شرایط زیست محیطی خاک مانند دما و رطوبت بستگی دارد (جاجی[۵] و همکاران، ۲۰۰۵). حداکثر سرعت اکسیداسیون گوگرد در خاک‌های با ظرفیت نگهداری آب بالا، یافت می‌شود (جانزن و بتانی، ۱۹۸۷). سرعت اکسیداسیون گوگرد در دماهای کمتر از ۴ درجه سانتیگراد متوقف می‌شود، امّا با افزایش دما سرعت اکسیداسیون افزایش می‌یابد (حداکثر سرعت اکسیداسیون تقریباً در دماهای ۴۰ درجه سانتیگراد صورت می‌گیرد) (ویر[۶]، ۱۹۷۵). فرآیند اکسیداسیون گوگرد در درجه اول توسط فعالیت میکروارگانیسم‌های اکسید کننده خاک از جمله باکتری تیوباسیلوس کنترل می‌شود. شواهد نشان داد که افزایش اکسیداسیونی گوگرد رابطه خطّی با بیوماس میکروبی در خاک دارد (لارنس و جرمیدا، ۱۹۸۸).

۱- Janzen and Bettani ۲- Watkinson and Bolan ۳- Li ۴- Lefroy ۵- Jaggi
۶- Weir

۳-۲-۲- اهمیت و نقش تیوباسیلوس‌ها در اکسایش گوگرد

مهمترین گروه از باکتری‌های اکسید کننده گوگرد تیوباسیلوس‌ها هستند، و قارچ‌ها از قبیل فوزاریوم و اکتینومیست‌ها مانند استرپتومایسس نیز باعث اکسید شدن گوگرد می‌شود اما نقش آنها کمتر از تیوباسیلوس‌ها است. تیوباسیلوس‌ها اسید دوست هستند و به خوبی در پی اچ ۲ الی۳ رشد می‌کنند. تیوباسیلوس‌ها شیمیومورف اجباری هستند که با اکسایش ترکیبات احیا شده گوگرد انرژی لازم برای انجام فعالیت‌های حیاتی را کسب می‌کنند و منبع کربنی خود را از دی‌اکسیدکربن به دست می‌آورند. اکثرگونه‌های تیوباسیلوس هوازی اجباری هستند و با اکسیداسیون گوگرد و دیگر ترکیبات معدنی، سولفات تولید می‌کنند (رایلی[۱]، ۱۹۸۴). جمعیت اکسید کنندگان گوگرد در اکثر خاک‌های آهکی و قلیایی به علت وجود پی اچ بالا و غلظت زیاد یون کلسیم برخی از عناصر غذایی از جمله فسفر، آهن و روی که قابلیت جذب آنها وابسته به پی اچ می‌باشد تثبیت شده و از دسترس گیاهان خارج می‌شوند. باکتری‌های تیوباسیلوس با تشدید اکسایش گوگرد در چنین خاک‌هایی می‌توانند در کاهش پی اچ و اصلاح خاک تامین سولفات مورد نیاز گیاه، انحلال برخی از عناصر غذایی و افزایش قابلیت جذب آنها موثر واقع شوند و شرایط سخت خروج مواد از محلول‌های تجمعی را تحمل کنند (بشارتی، ۱۳۸۲).

کشور ایران جزء مناطق خشک و نیمه خشک دنیا محسوب می شود تولید محصول در سطح بازدهی مطلوب در خاک‌های آهکی و خاک‌های با pH بالا، همواره با مشکلاتی مواجه بوده است. بخش مهمی از این مشکلات از آن جا ناشی می‌شود که در این خاک‌ها به علت وجود pH بالا و غلظت زیاد یون کلسیم، عناصر غذایی که قابلیت جذب آنها وابسته به pH است مانند آهن، روی، مس و ... به صورت ترکیب‌های نامحلول و غیرقابل استفاده برای گیاهان در می‌آیند. از طرفی افزودن این عناصر به

۱- Wrigley

خاک از طریق کودهای شیمیایی مشکلات و آلودگی‌های زیست محیطی را به دنبال خواهد داشت (ثامنی و کاشانی، ۲۰۰۴).

به نظر می‌رسد کاهش pH خاک حتی به طور موضعی موثرترین راه برای مقابله با این مشکل درخاک‌های آهکی و قلیایی است. استفاده از گوگرد برای کاهش pH خاک‌های قلیایی و افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی وابسته به pH خاک همواره مورد توجه قرار گرفته است. با این وجود مشکل عمده‌ای که بعد از مصرف گوگرد در خاک‌های زراعی مطرح است، اکسیداسیون آن می‌باشد این عمل، با کمک باکتری‌های تیوباسیلوس که در شرایط هوازی درخاک زندگی می‌کنند، امکان پذیر است این باکتری‌ها در شرایط مطلوب مخصوصاً مواد آلی بالا و رطوبت مناسب، قادر به رشد و تکثیر بوده و در نتیجه باعث افزایش اکسیداسیون بیولوژیکی گوگرد می‌شوند (بشارتی و همکاران، ۲۰۰۲).

باکتری‌های تیوباسیلوس مهمترین اکسیدکنندگان گوگرد در خاک بشمار می‌روند حضور این نوع باکتری‌ها، باعث افزایش سرعت اکسیداسیون گوگرد در خاک خواهد شد به طور معمول، در خاک‌های آهکی به علت کمبود مواد آلی، فعالیت ریزجانداران موثر در اکسایش گوگرد کاهش می‌یابد و زمانی مصرف گوگرد در این نوع خاک‌ها موثر است که توام با کودهای آلی بوده و یا همراه با مایه تلقیح تیوباسیلوس مصرف شود. تیوباسیلوس‌ها، گروهی از باکتری‌های گرم منفی می‌باشد که انرژی مورد نیاز خود را از طریق اکسیداسیون ترکیبات غیرآلی گوگرد دار تأمین می‌نماید این باکتری‌ها قادر به اکسیداسیون ترکیبات آهن‌دار نیز می‌باشند. تیوباسیلوس‌ها نقش بسیار مهمی در جلوگیری از آبشویی ترکیبات معدنی به خصوص گوگرد داشته و منجر به بازگشت ترکیبات فلزی می‌شوند. سطوح پروتئین‌های فسفریلاسیون توسط تیوباسیلوس افزایش می‌یابد و تحت تأثیر مس و تعدادی از فلزات سنگین قرار می‌گیرد (ترسا[۱]، ۲۰۰۰).

---

۱ - Teresa

این باکتری اسید دوست بوده و اکسیداسیون سولفید آهن به سولفات فریک یا اسید سولفوریک را تسریع می‌کند که در این کار حجم زیادی از سلول‌های این باکتری برای اکسیداسیون سریع آهن به کار می‌رود. گوگرد، یکی از عناصر مورد نیاز گیاه می‌باشد که در حدود ۱۰درصد میزان نیتروژن در گیاهان استفاده می‌شود، به دلیل آن که تا اندازه زیادی توسط کودهای شیمیایی و ورودی‌های اتمسفری این عنصر تأمین می‌شود توجه کمتری به نقش این عنصر معطوف گردیده است (گومز[۱]، ۲۰۰۰).

۳-۲-۳- تاثیر گوگرد و باکتری تیوباسیلوس بر گیاهان

موسی‌نژاد و همکاران (۱۳۸۸) به این نتیجه رسیدند که مصرف گوگرد باعث بالا رفتن عملکرد ذرت به میزان ۲۷ درصد نسبت به تیمار شاهدمی‌گردد. همچنین استفاده از تیوباسیلوس موجب افزایش ۳۵/۶ درصدی عملکرد گردید. بررسی اثرمتقابل دو فاکتور گوگرد و تیوباسیلوس نشان داد که مصرف ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد با باکتری تیوباسیلوس بیشترین عملکرد اقتصادی را تولید نمودند. از نتایج چنین برمی‌آید که جهت افزایش عملکرد در خاک‌های قلیایی کاربرد گوگرد در کنار مصرف باکتری تیوباسیلوس مفید می‌باشد. محققان دریافتند که درصورت عدم استفاده از کودهای گوگردی اضافه کردن باکتری تیوباسیلوس به خاک موجب افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته کنجد در مقایسه با عدم کاربرد آن می‌شود اما در صفات دیگر نظیر وزن خشک، اندام هوایی، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و درصد روغن تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. این در حالی است که مصرف گوگرد به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار همراه با مایه تلقیح تیوباسیلوس باعث افزایش صفاتی چون طول بوته،

۱ - Gomez

وزن خشک اندام هوایی، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و درصد روغن گردیده است. اما تاثیر معنی‌داری برفاصله اولین کپسول از سطح زمین نداشته است (احمدی و همکاران، ۱۳۸۸).

نورقلی‌پور و همکاران (۱۳۸۵) گزارش کردند کاربرد همزمان گوگرد، تیوباسیلوس و خاک فسفات موجب افزایش عملکرد دانه در سویا می‌شود. آزمایشات روی گیاه گندم نشان داد که کاربرد کود گوگرد آلی گرانوله به مقدار ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار همراه با ۲۰ بسته یک کیلوگرمی مایه تلقیح حاوی باکتری‌های تیوباسیلوس توانست عملکرد دانه گندم را بطور متوسط تا ۱۱ درصد نسبت به شاهد افزایش دهد (تقی‌پور و همکاران، ۱۳۸۸). با بررسی اثر مصرف گوگرد و تلقیح آن با انواع باکتری تیوباسیلوس بر روی گیاه یونجه مشخص گردید که بیشترین عملکرد از تیمار کاربرد گوگرد و تیوباسیلوس بدست آمد که ۶۹/۷ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داشت در حالیکه مصرف گوگرد تنها ۵۱/۵ درصد عملکرد را در مقایسه با تیمار شاهد افزایش داده بود (بردیا[۱] و همکاران، ۱۹۸۲). آزمایشات نشان داد که مصرف ۵۰۰ کیلوگرم گوگرد عنصری در هکتار به همراه مواد آلی و مایه تلقیح تیوباسیلوس در مقایسه با عدم مصرف گوگرد موجب افزایش معنی‌دار در میزان عملکرد دانه آفتابگردان و وزن هزار دانه و افزایش در قطر طبق و پروتئین دانه گردید (منتظری و سپهر، ۱۳۸۳).

با بررسی اثر مایه تلقیح تیوباسیلوس و کود گوگرد آلی و خاک حاصل از سنگ فسفات بر عملکرد و درصد فسفر دانه ذرت محققان به این نتیجه رسیدند که در تمامی صفات مورد ارزیابی کوددهی خاک فسفات به همراه گوگرد گرانوله و باکتری تیوباسیلوس تاثیر افزایشی داشته و عملکرد دانه و درصد فسفر دانه را در گیاه ذرت افزایش داده است (محمودیان و همکاران، ۱۳۸۵). در یک آزمایش گلخانه‌ای با کاربرد گوگرد و باکتری تیوباسیلوس تیواکسیدانز محققان پی‌بردند که با تلقیح باکتری جذب عناصر آهن، روی ومنگنز را در ذرت در مقایسه با شاهد بطور معنی‌داری افزایش یافت (آزازی[۲] وهمکاران، ۱۹۹۴). محققان در آزمایشی تاثیر مقادیر مختلف گوگرد و تلقیح باکتری

۱- Bardiya ۲- Azzazy

تیوباسیلوس بر جذب آهن و روی توسط سویا در چند خاک آهکی را مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که با افزایش سطوح گوگرد افزوده شده به خاک میزان جذب آهن و روی در مقایسه با تیمار شاهد و نیز سطح صفر گوگرد افزایش معنی‌داری داشته است (ملک‌زاده و همکاران، ۱۳۸۸). در بررسی دیگری که انجام شد محققین گزارش نمودند که گوگرد بر روی کیفیت روغن و درصد اسیدهای چرب لینولئیک، اولئیک و اندیس یدی روغن آفتابگردان تاثیر گذارده و درصد این اسیدهای چرب گوگرددار را افزایش داد (کریشنامورهی[۱] وهمکاران، ۱۹۹۶).

در آزمایشی که بر روی سویا و آفتابگردان صورت گرفت محققان دریافتند که کاربرد کود گوگرد در تیمارهای مختلف به طور معنی داری موجب افزایش ماده خشک و عملکرد دانه سویا گردید. و حداکثر عملکرد در آفتابگردن از مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود گوگرد به همراه باکتری تیوباسیلوس که نسبت به تیمار شاهد ۱۰درصد افزایش داشته بدست آمد (بهمنیار و همکاران، ۱۳۸۴). محققان درآزمایشی با بررسی مقادیر مختلف گوگرد بر روی کنجد دریافتند که کاربرد۵۰ کیلوگرم گوگرد به همراه باکتری تیوباسیلوس باعث افزایش عملکرد کنجد گردیده همچنین درصد روغن و پروتئین نیز نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری یافت (مارگاتام و همکاران، ۲۰۰۷). بررسی‌ها نشان داد که تلقیح باکتری تیوباسیلوس بدون مصرف گوگرد نمی‌تواند تغییرات معنی‌داری را نسبت به شاهد ایجاد کند (بشارتی، ۱۳۷۷). محققان گزارش دادند که گوگرد نه تنها به عنوان عامل محدود کننده عملکرد مطرح است بلکه می‌تواند پاسخ گیاه را به کودهای ازته و فسفات افزایش دهد و سبب افزایش راندمان مصرف ازت در سویا کلزا کنجد و بادام زمینی گردد (میسک و فن[۲]، ۱۹۹۹).

در بررسی‌های به عمل آمده مشخص گردید که استفاده از مایه تلقیح تیوباسیلوس به همراه گوگرد، روی تمامی شاخص‌های مورد بررسی در خاک و گیاه ذرت تاثیر معنی‌داری در سطح ۱ درصد داشته است. مصرف گوگرد به طور همزمان با باکتری‌های اکسید کننده آن توانست تاثیری معادل

---

۱ - Krishnamurthi ۲ - Messick and Fan

کودهای فسفره داشته باشد (بشارتی و صالح راستین، ۱۳۸۰). گوتیرز بوم[۱] و همکاران (۲۰۰۷) نشان دادند که کمبود متوسط گوگرد، عملکرد دانه سویا را از طریق تاثیر بر رشد گیاه در دوره پر شدن دانه کاهش داد. آنها چنین نتیجه گرفتند که کمبود گوگرد در اواخر دوره رشد ممکن است نتیجه تحرک بالای سولفات در خاک و انتقال مجدد اندک آن در گیاه باشد. سینگ و چائوداری (۱۹۹۷) کلروز و کاهش محصول بادام زمینی کشت شده در خاک‌های آهکی را ناشی از کمبود گوگرد و عناصر کم مصرف دانستند، لذا در یک خاک آهکی، تاثیر مصرف گوگرد، کلرید آهن، روی و منگنز را بر بادام زمینی در شرایط مزرعه بررسی نمودند نتایج بدست آمده از آزمایشات بیانگر وجود اثرات مثبت ناشی از مصرف گوگرد بود به طوری که عملکرد دانه، وزن غلاف، وزن غده، ارتفاع بوته و درصد روغن به طور معنی داری افزایش یافت. تحقیقات نشان داده که کاربرد باکتری تیوباسلوس به همراه گوگرد تا کنون بر روی گیاهان مانند ذرت و ذرت علوفه‌ای نتایج مثبتی را به همراه داشته است اگر چه بررسی‌های انجام گرفته در زمینه مصرف گوگرد تؤام با ماده تلقیح تیوباسیلوس بسیار معدود هستند ولی به طور معمول نتایج این قبیل آزمایش‌ها حاکی از معنی‌دار بودن اثر تلقیح گوگرد با تیوباسیلوس نسبت به شاهد تلقیح نشده می‌باشد (بشارتی و همکاران، ۱۳۷۹).

۳-۳- فسفر

گیاهان عمدتاً فسفر را به صورت یون‌های ارتوفسفات (H_2PO_4) جذب می‌کنند. هر چند غلظت این یون‌ها در محلول خاک همواره ناچیز است، اما نگهداری همین مقدار کم فسفر برای رشد گیاهان اهمیت فراوانی دارد. pH خاک نقش مهمی در تأمین فسفر خاک دارد. وقتی pH خاک از ۶/۸ کمتر باشد فرم غالب فسفر آنیون تک ظرفیتی ارتوفسفات (H_2PO_4) است که به راحتی توسط گیاه قابل جذب بوده و در خاک‌های قلیایی (pH بزرگتر از ۷/۲) برای گیاه قابل جذب نمی‌باشد. کودهای

۱ - Gutierrez Boem

فسفره دارای تحرک کمی در خاک بوده و مقدار زیادی از آن‌ها پس از ورود به خاک نامحلول شده به طوری که در خاک‌های آهکی به ترکیبات نامحلول کلسیم و منیزیم و در خاک‌های اسیدی به فسفات آهن و آلومینیوم تبدیل شده و از دسترس گیاهان خارج شده و بازده مصرفی آن‌ها کاهش می‌یابد (ملکوتی، ۱۳۸۷).

فسفر در کلیه فرآیندهای بیوشیمیایی، ترکیبات انرژی‌زا و مکانیسم‌های انتقال انرژی دخالت دارد. افزون بر آن، فسفر جزئی از پروتئین‌های سلول بوده و به عنوان بخشی از پروتئین هسته، غشای سلولی و اسید نوکلوئیک نقش ویژه دارد. در گیاه، فسفر عمدتاً به صورت استرهای فسفات یافت می‌شود که از ترکیب فسفر با قندها، الکل‌ها، اسیدها یا دیگر فسفات‌ها تشکیل می‌شوند. قندهای فسفری نقش مهمی در فتوسنتز بازی می‌کنند. نکلوتیدهای تشکیل دهنده DNA و RNA و فسفولیپیدهای موجود در غشاها از دیگر استرهای مهم فسفات‌اند. فسفولیپیدها در گیاهان در حال رشد، در انتقال یون‌ها و نفوذپذیری خاص غشاء سلولی مؤثر بوده و از اجزای اصلی غشاهای بیولوژیک است. اسید فیتیک یک منبع مهم ذخیره فسفات است که معمولاً در ترکیب دانه‌ها یافت می‌شود و هنگام جوانه زدن بذر، هیدرولیز شده و فسفر معدنی لازم را برای فعالیت‌های حیاتی گیاه تأمین می‌کند (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۸۵).

علائم کمبود فسفر، کندی رشد در گیاهان جوان و رنگ سبز تیره برگ‌هاست که ممکن است با بدشکلی و ایجاد نقاط نکروزه (نقاط کوچک بافت مردگی) توأم گردد. دیگر علائم کم شدن فسفر شامل باریک شدن ساقه (اما نه چوبی شدن) و مرگ برگ‌های پیر و تأخیر در بلوغ گیاه می‌باشد (کافی و همکاران، ۱۳۸۷). فسفات در کربن گیری گیاه، کاهش زمان رسیدگی محصول و استحکام بیشتر ساقه غلات مؤثر است و غلظت فسفر ریشه در برقراری تعادل عناصر غذایی کم‌مصرف مغذی در برگ مهم است. جذب فسفر به میزان کافی، در اوایل دوره رشد گیاه، اهمیت بسیاری دارد. این اهمیت در اندام‌های زایشی، بیشتر مشهود می‌باشد. فسفر همچنین باعث افزایش جذب نیتروژن و افزایش

مقاوت غلات نسبت به بیماری‌ها شده و اثرات مثبتی بر مقاومت غلات بر سرمای زمستان، خوابیدگی و زودرسی محصول دارد (فلاح و خاوازی، ۱۳۸۰).

۳-۳-۱- اهمیت فسفر در دانه‌های روغنی

فسفر بعد از نیتروژن، مهم ترین عنصر مورد نیاز گیاهان و میکروارگانیسمها است (ملکوتی و سپهر، ۲۰۰۲). این عنصر نقش مهمی در بهبود کیفیت و کمیت دانه های روغنی از جمله کلزا دارد (خدایی و همکاران، ۱۹۹۸). ساجد و همکاران (۱۳۸۰) مصرف کود فسفره را باعث افزایش تعداد ساقه‌های جانبی، عملکرد، تعداد میوه و میزان تولید دانه دانسته ولی روی درصد روغن دانه‌ها تأثیر معنی‌دار نداشته است، در این تحقیق مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتارفسفرخالص توصیه شده است.

۳-۴- قارچ میکوریزا

۳-۴-۱- تاریخچه میکوریزا

قارچ آرباسکولار میکوریزا (AMF) در طبقه بندی، جزو راسته گلومالس[۱] که متشکل از ۶ جنس است (شکل ۱)، جنس گلوموس[۲] بیشترین تحقیقات را به خود اختصاص داده است (اسمیت و رید[۳]، ۱۹۹۷). گلوموس طبق شواهد فسیلی (تایلور و همکاران، ۱۹۹۵) و تجزیه DNA و آنالیز توالی ریزوبیوم ژن‌ها در ۴۰۰ تا ۵۰۰ میلیون سال پیش می‌زیست (سیمون[۴] و همکاران، ۱۹۹۳). شناخت وجود همزیستی در قرن گذشته رخ داد، اما تحقیقات بعدی بر کارکرد این قارچ با ریشه گیاهان نشان

۱- Glomales ۲- Glomus ۳- Smith and Read ۴- Simon

داد که این قارچ ماهیت همزیست اجباری دارد (دود[1]، ۲۰۰۰). این قارچ در داخل سلولهای ریشه میزبان اندام تخصصی به نام آرباسکول تولید کرده، و اعتقاد بر این است که مکان اصلی برای تبادل مواد غذایی بین گیاه و قارچ می‌باشد. مواد غذایی توسط شبکه‌ای متراکم بنام میسیلیوم (هیف قارچ) که در پروفیل خاک منشعب و در ارتباط با ریشه گیاه که موجب انتقال مواد غذایی به گیاه میزبان می‌شود (دود، ۲۰۰۰).

۳-۴-۲- مزایای تلقیح قارچ میکوریزا

۱. افزایش جذب مواد غذایی مانند فسفر
۲. افزایش تحمل گیاه میزبان به پاتوژن‌های ریشه‌ای
۳. افزایش تحمل تنش‌های آبی و شرایط نامطلوب محیطی (آلودگی عناصر سنگین)
۴. افزایش کارایی تثبیت نیتروژن توسط باکتری‌های رایزوبیوم (بهبود تشکیل غده‌های تثبیت کننده نیتروژن اتمسفر توسط لگوم)

میکوریزا به عنوان یک نمونه همزیستی گسترده کلاسیک است که در آن قارچ مواد غذایی از خاک جذب و به گیاه انتقال داده و در مقابل گیاه کربن فتوسنتزی تثبیت شده را به قارچ منتقل می‌کند (اسمیت و رید، ۱۹۹۷).

۳-۴-۳- نقش میکوریزا در تغذیه گیاهان

اثرات مفید میکوریزا بر رشد گیاه غالباً به افزایش جذب مواد غذایی کم تحرک، خصوصاً فسفر مرتبط است (بولان، ۱۹۹۱). مکانیسم‌های مختلفی برای افزایش جذب فسفر توسط گیاهان میکوریزی اظهار شده است. این مکانیسم شامل، کاوش حجم زیاد خاک، حرکت سریع فسفر در هیف‌های

۱- Dodd

میکوریزا و حل کردن فسفر خاک هستند. دسترسی به حجم زیاد خاک، توسط گیاهان با کاهش فاصله یون فسفر با ریشه گیاهان از طریق افزایش حجم سطح جذب ریشه حاصل می‌گردد. حرکت سریع فسفر در هیف‌های میکوریزا از طریق افزایش میل ترکیبی یون فسفر کاهش آستانه غلظت مورد نیاز برای جذب فسفر از خاک در هیف‌های قارچ می‌باشد. همچنین حل کردن فسفر خاک از طریق ترشح اسیدهای آلی و آنزیم‌های فسفات‌آز صورت می‌گیرد (بولان، ۱۹۹۱).

بهبود جذب فسفر در گیاه میکوریزایی توسط دیگر محققین تائید شده است (جانسا[۱] و همکاران، ۲۰۰۵؛ مانکولد[۲] و همکاران، ۲۰۰۴؛ تونار[۳] و همکاران، ۲۰۱۱). در مورد انتقال کربن تثبیت شده از گیاه به قارچ میکوریزا، یافته‌ها نشان دادند که تا ۲۰ درصد کربن تثبیت شده در فتوسنتز گیاه به قارچ میکوریزا همزیست شده منتقل می‌شود (جاکوبسن و راسنداهل[۴]، ۱۹۹۰). مطالعات دیگر این مقدار را بین ۴ تا ۱۶ درصد از کربن گیاه به قارچ گزارش نمودند (بریلا و ایسنستات[۵]، ۲۰۰۵؛ گریمولدی[۶] و همکاران، ۲۰۰۶).

در همزیستی قارچ میکوریزای آرباسکولار (AM)، عناصر غذایی مانند فسفر، روی، مس و نیتروژن توسط هیف جذب و به ریشه گیاه منتقل می‌شود که سبب بهبود تغذیه و رشد گیاهان می‌شود (اسمیت و راد، ۲۰۰۸؛ پارنیسک[۷]، ۲۰۰۸). از آنجا که تأمین مواد مغذی یکی از محدودیت‌های رایج در رشد و تولید گیاهان در بسیاری از اکوسیستم‌ها بوده، استفاده از توانایی قارچ‌های هتروتروفیک AM به منظور افزایش توانایی گیاهان در جذب آب و مواد غذایی سودمند می‌باشد (جونز[۸] و اسمیت، ۲۰۰۴؛ اسمیت و اسمیت، ۱۹۹۶). در برخی شرایط، ممکن است نسبت سود به هزینه برای همزیستی قارچ میکوریزا با گیاه میزبان کاهش یابد و در نتیجه این همزیستی رابطه انگلی می‌شود (گراهام و ابوت[۹]، ۲۰۰۰؛ لی[۱۰] و همکاران، ۲۰۰۸؛ گراهام و ایسنستات، ۱۹۹۸). برخی تحقیقات نشان دادند که اثرات قارچ میکوریزا در جذب عناصر غذایی و بهبود رشد بخصوص در

---

۱ - Jansa ۲- Munkvold ۳- Thonar ٤- Jakobsen and Rosendahl ۵- Bryla and Eissenstat
۶- Grimoldi ۷- Parniske ۸- Jones ۹- Graham ۱۰- Li

خاک‌های سترون می‌باشد (منج[۱]، ۱۹۸۳؛ ابوت[۲] و همکاران، ۱۹۸۴؛ پاول[۳]، ۱۹۸۴). تلقیح شبدر سفید با میکوریزا موجب افزایش دو برابر غلظت فسفر در اندام هوایی و ریشه‌ها و افزایش وزن خشک نسبت به شاهد شد (لینلی[۴] و همکاران، ۱۹۹۱). همچنین الکراکی[۵] و همکاران (۱۹۹۸) نشان دادند که ماده خشک اندام هوایی، فسفر اندام هوایی و ماده خشک ریشه گندم میکوریزی نسبت به گیاه غیرمیکوریزی افزایش معنی داری داشته‌اند. از سوی دیگر، نشان داده شده که تلقیح میکوریزا در شرایط مطلوب فسفر موجب کاهش رشد گیاه می‌گردد، این تأثیر می‌تواند ناشی از رقابت برای کربن بین گیاه میزبان و قارچ نسبت داده شود (اوسونابی[۶] و همکاران، ۱۹۹۱).

در سطوح پائین فسفر خاک، تلقیح میکوریزا سبب افزایش قابل ملاحظه‌ای در محتوای مس و روی در اندام هوایی گیاهان می‌گردد (تورک[۷] و همکاران، ۲۰۰۶). همچنین، یافته‌ها نشان داده که در سویا رشد یافته در خاکی با سطح بالای فسفر، میزان مس و روی پائین‌تر است (لامبرت و ویدنساول[۸]، ۱۹۹۱). در گیاه بادام زمینی، عدم تلقیح میکوریزا در خاک سترون شده در هنگام رشد علائم کمبود فسفر و روی را نشان داد (ماتور و ویس[۹]، ۲۰۰۰). نایر[۱۰] و همکاران (۱۹۹۰) گزارش کردند که سطح بالای کلونیزاسیون میکوریزا برای رشد لوبیا چشم بلبلی تحت شرایط مزرعه مفید می‌باشد. هامل[۱۱] و اسمیت (۱۹۹۱) گزارش کردند مخلوط ذرت و سویا تلقیح شده با میکوریزا سبب بهبود این گیاهان می‌شود. جاکسون و میسون[۱۲] (۱۹۸۴) یافتند بین مقدار فسفر قابل دسترس، کلونیزاسیون ریشه و عملکرد غلاف در بادام زمینی همبستگی مثبت وجود دارد. آلوش[۱۳] و همکاران (۲۰۰۰) نشان دادند که گیاه نخود تلقیح شده با میکوریزا سبب افزایش تعداد گره، محتوای فسفر اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی و عملکرد دانه نسبت به شاهد شد.

---

۱ - Menge ۲- Abbott ۳ - Powell ۴- Linli ۵- Al-Karaki ۶- Osonubi
۷- Turk ۸- Lambert and Weidensaul ۹- Mathur and Vyas ۱۰- Nair ۱۱- Hamel
۱۲- Jackson and Mason ۱۳ - Alloush

۳-۴-۵- نقش میکوریزا در برابر تنش‌های محیطی

همزیستی مفید ریشه گیاهان و گروه خاصی از قارچ‌های خاکزی میکوریزی نام دارد، که از مهمترین و رایج‌ترین نوع همکاری بین گیاهان و میکروارگانیسم‌ها می‌باشد. قارچ میکوریزا با بیش از ۸۰ درصد خانواده‌های گیاهی دارای همزیست اجباری هستند. کمبود آب و دسترسی پایین مواد غذایی در خاک عمده‌ترین شرایط تنش‌زا است. که موجب کاهش عملکرد گیاهان در اکوسیستم‌های طبیعی و زراعی جهان می‌گردد (اسزابولس[۱]، ۱۹۹۱). همزیستی با قارچ‌های AM یکی از استراتژی‌های است که گیاهان در شرایط تنش بکار می‌گیرند (اینتری[۲] و همکاران، ۲۰۰۲). نتیجه این ارتباط همزیستی بهبود تأمین آب و مواد غذایی برای گیاهان است (اسمیت و راد، ۲۰۰۸). از آنجا که تحرّک مواد غذایی در خاک‌های خشک محدود است، ارتباط همزیستی با قارچ AM برای گیاهان مرتعی خشکی‌زی[۳] می‌تواند سبب افزایش جذب آب و مواد غذایی گردد (رویز- لوزانو[۴]، ۲۰۰۳).

این قارچ‌ها توانایی دفع عناصر سنگین و یون‌های سمی (هگو[۵] و همکاران، ۱۹۹۰)، تولید مواد محرک رشد، برقراری رابطه متقابل مثبت با باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن (طباطبایی و همکاران، ۱۹۹۲) و حل کننده‌های فسفات (لی و بجیاراج[۶]، ۱۹۸۶)، افزایش مقاومت گیاه میزبان به شوری (پوند[۷] و همکاران، ۱۹۸۴)، خشکی (سانچز- دیاز و هونرابیا[۸]، ۱۹۹۴) و عوامل بیماری زای گیاهی (هوانگ[۹] و همکاران، ۱۹۹۲) و به بقاء و رشد گیاه میزبان در شرایط نامساعد محیطی کمک می‌کند. اگرچه بیشتر مطالعات انجام شده در مورد اثرات قارچ میکوریزا بر بهبود تغذیه گیاه بوده، تلقیح میکوریزا می‌تواند سبب افزایش مقاومت گیاهان به شرایط تنش آبی می‌گردد (آلن و بوسالیس[۱۰]، ۱۹۸۳). گزارش شده که کلنی شدن میکوریزا در شرایط تنش کم آبی موجب افزایش جذب مواد

---

۱ - Szaboles ۲- Entry ۳- Xeric ۴- Ruiz-Lozano ۵- Heggo ۶- Lee and Bagyaraj
۷- Pond ۸ - Sanchez-Diaz and Honrubia ۹ - Hwang ۱۰ - Allen and Boosalis

غذایی شده (باس و ایلیس[1]، ۱۹۸۵) و از این طریق سبب افزایش کارایی مصرف آب و افزایش هدایت هیدرولیکی در ریشه گیاه می‌شود (گراهام و سیورسن[2]، ۱۹۸۴).

نقش قارچ میکوریزا در کاهش تنش آبی در گیاهان به نظر می‌رسد از طریق افزایش مقاومت به خشکی در گیاهان باشد. این مکانیسم می‌تواند بصورت غیرمستقیم از طریق بهبود جذب مواد غذایی صورت گیرد. کاهش تنش آب نه تنها محدود به مناطق خشک یا نیمه خشک از کره زمین بوده بلکه در مناطقی که دچار خشکسالی کوتاه مدت در فصل رشد گیاه، تلقیح قارچ میکوریزا از طریق افزایش جذب مواد غذایی و کاهش تنش مفید بوده است (گراهام و سیورسن، ۱۹۸۴).

۳-۴-۶- نقش نظام‌های زراعی بر فعالیت و پایداری مایکوریزا

۳-۴-۶-۱- اثر شخم و جابجایی لایه‌های خاک بر فعالیت و پویایی مایکوریزا

شاید اختلال در خاک از نظر تأثیر بر تشکیل مایکوریزا، مستقیم‌ترین و مؤثرترین عامل ناشی از عملیات زراعی باشد. عوامل متعددی می‌تواند مسئول کاهش کلونیزاسیون ریشه و خاک در نتیجه اختلال در خاک باشند (ابوت و رابسون، ۱۹۹۱). ارتباط بین اختلال در خاک و کاهش کلونیزاسیون قارچ‌های مایکوریزا آرباسکولار (AM) در ریشه و یا خاک در تعدادی از آزمایشات بررسی شده و به این مطلب اشاره شده است که در گیاهان موجود در خاک‌های اختلال یافته، جذب فسفر کاهش می‌یابد (مک گونیل[3] و همکاران، ۱۹۹۰). پیش از این، ارتباط مشابهی بین شدت عملیات شخم و جذب فسفر توسط گیاه در شرایط مزرعه گزارش شده است (اهالوران[4] و همکاران، ۱۹۸۶).

---

۱ - Busse and Ellis ۲- Syvertsen ۳- McGonigle ٤ - O' Halloran

۳-۴-۶-۲- اثر آیش بر فعالیت و پویایی مایکوریزا

مشکل ناشی از آیش طولانی مدت همانند اختلال در خاک نوعی تنش محسوب می‌شود (فیکسن[۱] و همکاران، ۱۹۸۴)، به گونه‌ای که به تشکیل مایکوریزا و کمبود تغذیه گیاه ارتباط دارد. در نتیجه آیش، کلونیزاسیون قارچ مایکوریزا آرباسکولار و تراکم اندام‌های آلوده کاهش می‌یابد (بلک و تینکر[۲]، ۱۹۷۹؛ کوکی و پاول[۳]، ۱۹۸۳؛ هارینی‌کومار و باگیاراج[۴]، ۱۹۸۸) و این موضوع به کمبود فسفر (تامسون[۵]، ۱۹۸۷) بستگی دارد. از طرف دیگر کاهش در کلونیزاسون قارچ‌های مایکوریزا آرباسکولار در شرایط آیش می‌تواند ناشی از افزایش شیوع آلودگی در ریشه‌ها توسط قارچ‌های بیماری‌زا *Bipolari sorokiniana(sacc.) shoemaker)* باشد. این مطلب وجود اثرات آنتاگونیستی بین قارچ‌های AM و عوامل بیماریزا را تأیید می‌کند (تامسون و ویلدرموس[۶]، ۱۹۸۸). اثر عوامل بیماریزا ممکن است تا حدودی ناشی از کاهش مقاومت گیاه به دلیل کمبود مواد غذایی باشد و این نمونه مثالی از پیچیدگی اثرات موجود بین قارچ AM، تولید گیاه زراعی و تنش‌ها است. برای تشخیص مرگ و میر اندام‌های قارچ AM در غیاب گیاهان میزبان به عنوان یکی از عوامل منفی آیش، تامسون و ویلدرموس (۱۹۸۸) پیشنهاد کردند که کاشت گیاهانی با وابستگی پایین به قارچ AM و با رشد زیاد و ریشه‌های قابل کلونی شدن پس از یک دوره طولانی مدت آیش صورت می‌گیرد (احمدی، ۱۳۹۰).

۳-۴-۶-۳- اثر تناوب زراعی بر فعایت و پویایی مایکوریزا

مزایای تناوب زراعی از مدت‌ها پیش شناخته شد با این حال سیستم های تک کشتی از سال‌های ۱۹۵۰ عمومیت یافت. به طوری که از مواد شیمیایی برای کنترل علف‌های هرز، حشرات و بیماری‌ها استفاده شد. دلایل واکنش گیاه به تناوب به طور کامل شناخته نشده است (کروکستون[۷] و همکاران، ۱۹۹۱). واکنش متفاوت نسبت به کودهای شیمیایی معرف آن است که شناخت بهتر عوامل

---

۱ – Fixen ۲- Black and Tinker ۳ - Kucey and Paul ۴- Harinikumar and Bagyaraj
۵- Thompson ۶- Wildermuth ۷ - Crookston

می‌تواند به مدیریت مزرعه کمک کند . این واقعیت که رشد قارچ‌های مایکوریزا تحت تأثیر شخم و تناوب (ویوکانادان و فیکسن[1]، ۱۹۹۱) قرار می‌گیرد به برخی از تحقیقات استریمیسکا[2] (۱۹۷۵) در مورد سیستم‌های زراعی مرتبط با اثرات ازت و مایکوریزا منتهی شد. اثرات مثبت تناوب بر کلونیزاسیون و تهیه اسپور قارچ AM در برخی از انواع تناوب (یا تک کشتی) یا گیاهان غیر میزبان برای قارچ‌ها مضر است (بالتروچات و دهن[3]، ۱۹۸۸).

تحقیقات نشان داده است که تناوب نه تنها در حالت کلی بر تشکیل مایکوریزا مؤثر است، بلکه می‌تواند سبب انتخاب گونه‌های قارچ AM مناسب برای گیاهان زراعی مختلف شود (جانسون و همکاران،۱۹۹۱). این نوع تغییرات وابسته به تناوب در شیوع گونه‌های قارچ‌های AM با آنچه که در مورد قارچ‌های بیماری‌زا رخ می‌دهد مشابه است، احتمالاً به این دلیل که هیچ یک از عملیات ساده مدیریت در محدود ساختن عوامل بیماری‌زا مؤثرتر از تناوب زراعی نیست (کوک[4]، ۱۹۸۴). در مورد وجود ارتباط بین کاهش عملکرد با قارچ AM در سیستم‌های کشت ممتد، چنین به نظر می‌رسد که گسترش زیاد قارچ سبب کاهش رشد گیاه می‌شود (جانسون و همکاران، ۱۹۹۲). جانسون و همکاران (۱۹۹۱) در سیستم ممتد تک کشتی، تشکیل جوامع قارچی را در خاک‌های با سابقه مختلف کشت در ارتباط با گیاه میزبان بررسی و تغییرات ایجاد شده در خصوصیات خاک را تشریح نمودند. بنابراین انتخاب قارچ AM برای استفاده در کشاورزی مستلزم شناخت اثرات تناوب می‌باشد.

۳-۴-۶-۴- اثر کودهای شیمیایی مورد استفاده بر جمعیت مایکوریزا

کودهای فسفره دارای اثرات متنوعی بر همزیستی AM و قارچ‌های مایکوریزا هستند (ابوت و رابسون، ۱۹۹۱؛ سیلویا و نیل[5]، ۱۹۹۰). به نظر می‌رسد که این اثرات در سطوح پایین و متوسط فسفر توسط گیاه اعمال شده ولی در سطوح بالا توسط خاک اعمال شود. کلونیزاسیون ریشه در مقادیر

۱- Vivekanandan and Fixen ۲- Stermska ۳- Baltruschat and Dehne ۴- Cook
۵- Sylvia and Neal

خیلی بالا و یا خیلی پایین فسفر قابل دسترسی می‌تواند کاهش یابد (کویید و لی[1]، ۱۹۹۰). دسترسی به فسفر در بیش از حدی که گیاهان میزبان از کلونیزاسیون AM سود می‌برند عموماً تولید اسپور را کاهش می‌دهد (نیلسن[2] و همکاران ،۱۹۸۱). گیاه میزبان نسبت به قارچ AM در محدوده‌ای از فسفر واکنش نشان می‌دهد، این واکنش ممکن است در مقادیر بالا و پایین فسفر بازدارنده و در مقادیر متوسط فسفر تحریک کننده باشد (بتلن فالوی[3] و همکاران، ۱۹۸۳).

رابطه هزینه و سود برای گیاه بر حسب فسفر حاصل شده و کربن مصرف شده توسط قارچ درون‌زی (سیم[4] و همکاران، ۱۹۸۳)، ممکن است تنها در مقادیر خاصی از فسفر یا در دوره زمانی مشخصی از چرخه زندگی گیاه (فیتر[5]، ۱۹۹۱) که جذب بیشتر فسفر از طریق مایکوریزا جهت رفع نیازهای گیاه لازم باشد، سودمند واقع شود. اثر متقابل بین مایکوریزا و کودهای شیمیایی فسفره در چارچوب کشاورزی پایدار بسیار پیچیده است. به عبارت دیگر، مقادیر زیاد فسفر خاک، هر چند موقتی (بولان[6]، ۱۹۹۱) به قارچهای AM آسیب می‌رساند (ابوت و رابسون، ۱۹۸۴). اثرات استفاده مقادیر بیش از حد فسفر بر مایکوفلور AM به خوبی روشن نیست زیرا برخی از گونه‌های قارچ AM در شرایط غنی از فسفر در خاک‌های حاصلخیز قادر به تشکیل کلونی هستند (تامسون و همکاران، ۱۹۸۶).

مصرف کودهای شیمیایی می‌تواند سبب انتخاب قارچهای AM متحمل به مقادیر بالای فسفر در گیاه شود، در حالی که در برخی موارد دیگر ممکن است سبب از بین رفتن آنها شود. انهدام مایکوفلور AM از طریق فرآیند انتخابی ناشی از مصرف کودهای شیمیایی می‌تواند اثرات سوئی ایجاد کند، از طرف دیگر، قارچهای AM از طریق مشارکت در تأمین نیازهای گیاه زراعی به فسفر در سطوحی که بازدارنده نباشد، نیاز به کودهای شیمیایی را کاهش می‌دهند (کوئید[7]، ۱۹۹۱) بنابراین توانایی بالقوه استفاده از قارچهای AM در تأمین فسفر به روشنی مشخص است، اما این امر مستلزم آزمایش و ارزیابی روابط بین عرضه و تقاضا در همزیستی است. سایر عناصر نیز می‌توانند بر وضعیت

---

۱ - Koide and Li ۲- Nelsen ۳- Bethlenfalavy ۴ - Same ۵ -Fitter ۶- Bolan
۷- Koide

AM در گیاهان مؤثر واقع شوند. ازت می‌تواند سبب توقف (جانسون و همکاران، ۱۹۸۴) یا بهبود (عزیز و هابت[۱]، ۱۹۸۹) کلونیزاسون ریشه شده و توسط قارچ AM جذب شود (ازکون و باریا[۲]، ۱۹۹۲). نقش تغذیه فسفر در تعیین اثرات مستقیم نیتروژن مهّم است (سیلویا، ۱۹۹۲)، در حالی که شدت تأثیر متأثر از تعادل بین عناصر فسفر و نیتروژن، منبع ازت ($NH4^+$ و $NO3^-$) و اثرات آن بر pH رایزوسفر (لی و همکاران، ۱۹۹۱) می‌باشد.

منبع نیتروژن تحت تأثیر نیاز به پتاسیم نیز قرار می‌گیرد، و با سایر اثرات کلونیزاسیون AM و تغذیه فسفر، اثر متقابل دارد (کوپر[۳]، ۱۹۸۴). مصرف کودهای پتاسم تولید اسپور توسط قارچ‌های AM (فورلان و برینز- کاردو[۴]، ۱۹۸۹) را بهبود می‌بخشد. ارزیابی قارچ‌های AM در بحث کشاورزی پایدار به عنوان کودهای بیولوژیکی از سال‌ها قبل به طور ویژه مورد توجه قرار گرفته شده است. پیشرفت-های حاصل در درک ما از اثرات متقابل پیچیده بین قارچ‌های AM، کودهای شیمیایی و گیاهان میزبان آنها می‌تواند ارتباط بین مقادیر مطلوب بین عناصر غذایی موجود در خاک و راندمان همزیستی AM را به خوبی نشان دهد (فورلان و برینز- کاردو، ۱۹۸۹). در آینده دستورالعمل استفاده از قارچ‌های AM در تغذیه گیاه می‌تواند برای هر منطقه به صورت خاص ارائه شود.

۳-۵- تأثیر کود بیولوژیک روی کنجد و برخی از گیاهان زراعی

در خصوص اثرات کود بیولوژیک تاکنون مطالعات اندکی در گیاه کنجد صورت گرفت. در همین زمینه در مطالعه‌ای که جایگزینی جزئی کودهای بیولوژیک به شیمیایی روی دو رقم Giza 32 و Shandawet 3 بررسی شد، داده‌های مورد مطالعه تفاوت آشکاری را برای بیشتر تیمارها نشان دادند. در درجه اول تیمار ۷۵ درصد کود شیمیایی + ۲۵ درصد کود آلی + مصرف کود بیولوژیک، برای دستیابی به عملکرد دانه، عملکرد روغن و درصد پروتئین بیشتر توصیه شد. و تیمار ۵۰ درصد کود

۱ - Aziz and Habte ۲ - Azcon and Barea ۳- Cooper ۴- Furlan Bermier-Cardou

شیمیایی + ۵۰ درصد کود آلی + مصرف کود بیولوژیک در درجه دوم توصیه شد. برای تمامی صفات مورد مطالعه پایین‌ترین میزان برای مصرف کود آلی به تنهایی در مقایسه با دیگر تیمارها بدست آمد. اثر متقابل بین واریته‌های مختلف و تیمارهای کودی روی عملکرد و اجزای عملکرد و ترکیب شیمیایی در دانه کنجد معنی‌دار شد و نتایج اهمیت کاربرد کود بیولوژیک را برای فراهم سازی محیط مناسب برای فعالیت موجودات خاکزی نشان داد (ال هباشا[۱] و همکاران، ۲۰۰۷).

در مطالعه‌ای کاربرد تلفیقی گوگرد و باکتری تیوباسیلوس و باکتری حل کننده فسفات و کود فسفر در گیاه کنجد، عملکرد باکتری در مقایسه با کاربرد جداگانه آنها نشان داده که علت احتمالاً بیانگر رابطه تقویت کنندگی ترکیب باکتری‌های مذکور با یکدیگر در جهت افزایش عملکرد است (احمدی واوسری، ۱۳۸۸).

اثرات مثبت و مفید کاربرد کودهای بیولوژیکی به تنهایی و همراه با کودهای شیمیایی در گیاهان روغنی دیگری نیز گزارش شده است. به عنوان مثال عملکرد دانه و اجزای عملکرد گلرنگ اثر معنی‌داری به وسیله‌ی تلقیح ازتوباکتر و مایکوریزا نشان دادند زیرا که کود بیولوژیک با تثبیت نیتروژن اتمسفر و افزایش فسفر قابل دسترس در خاک جذب عناصر را برای گلرنگ فراهم می‌کند. و افزایش عملکرد دانه در اثر تلقیح ازتوباکتر و مایکوریزا حدود ۵/۳ درصد گزارش شد (میرزاخانی و همکاران، ۱۳۸۹).

قربانی نصرآبادی و همکاران (۱۳۸۱) اظهار داشتند مصرف توأم مایه تلقیح تیوباسیلوس و برادی ریزوبیوم ژاپنیکوم در گیاه سویا غلظت نیتروژن و یا مقدار کل نیتروژن جذب شده در گیاه را نسبت تلقیح هر یک به تنهایی به طور معنی‌داری افزایش داد که بیان کننده اثر سینرژیستی بود.

مطالعه‌ای به منظور بررسی اثر سیستم‌های تغذیه آلی، تلفیقی، شیمیایی و باکتری‌های افزاینده رشد (PGPR) بر مراحل فنولوژی، عملکرد و اجزای عملکرد رقم آلستار آفتابگردان به اجرا در آمد. نتایج بیانگر آن بود که سیستم تغذیه شیمیایی به واحدهای گرمایی کمتری برای مراحل مختلف

---

۱ - El-Habbasha

ظهور طبق، رسیدگی و گل‌دهی مورد نیاز می‌باشد، همچنین نتایج نشان داد عملکرد دانه، ارتفاع، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت در سیستم تلفیقی بیشتر از سیستم‌های شیمیایی و آلی بود (اکبری و همکاران، ۱۳۸۸).

جمشیدی و همکاران (۱۳۸۷) به این نتیجه رسیدند که تلقیح مایکوریزا بر تمامی صفات اندازه‌گیری شده به جز تعداد کل دانه‌ها، وزن هزار دانه، تعداد دانه‌های پر و درصد روغن دانه رقم آلستار آفتابگردان در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. هر چند تنش خشکی باعث کاهش عملکرد آفتابگردان شد، ولی مایکوریزا شدت اثر آن را کاهش داد. مایکوریزا از طریق افزایش وزن هزار دانه، تعداد دانه و کاهش میزان پوکی دانه طبق، باعث افزایش عملکرد آفتابگردان در شرایط تنش خشکی و عدم تنش خشکی شدند.

در مطالعه ای بیشترین عملکرد دانه در آفتابگردان با ۱۰۰ کیلوگرم فسفر در هکتار حاصل شد که با کاربرد ۵۰ کیلوگرم فسفر در هکتار همراه با باکتری حل‌کننده فسفات اختلاف معنی‌داری مشاهده شد (اکین[۱]، ۲۰۱۰).

شوقی و همکاران (۱۳۸۹) اظهار داشتند که تلقیح بذر با باکتری افزاینده رشد ازتوباکتر و آزسپریلیوم موجب بهبود خصوصیات مورفولوژیک و عملکرد هیبرید آفتابگردان آلستار شده و افزایش معنی‌دار عملکرد دانه و بیولوژیک، سطح برگ، وزن خشک برگ و ساقه و ارتفاع در مقایسه با تیمار شاهد شد. هر چند در مطالعه‌ای صفات مورفولوژیک از قبیل ارتفاع بوته، وزن طبق، قطر ساقه، وزن ساقه و قطر طبق، تحت تأثیر مصرف کود بیولوژیک و رقم قرار نگرفت اما مصرف کود بیولوژیک به طور کلی منجر به بهبود رشد گیاه شد (جواهری و همکاران، ۱۳۸۹).

در مطالعه‌ای، کودهای بیولوژیک حاوی باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن مانند قارچ مایکوریزا، سوپر نیتروپلاس، مایه تلقیح حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات‌های نامحلول و نیتروکسین نقش مفید و مؤثری در بهبود ویژگی‌های رشد، عملکرد اندام‌های هوایی و خصوصیات

۱ - Ekin

کیفی گیاه دارویی زوفا نشان دادند (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۷). اثرات مفید کود بیولوژیک در مطالعات زیادی در غلات گزارش شده است. به عنوان مثال در مطالعه‌ای مؤثرترین باکتری‌های رشد در مورد تولید ذرت در سیستم کشاورزی پایدار تلقیح مایه تلفیقی تمامی باکتری‌های مورد مطالعه *(Azospirillum lipoferum, Azospirillum brasilense, Pesedomonas fluorescens و Azotobacter chroococcum*) بود که با کاربرد آن‌ها عملکرد افزایش یافت (حمیدی و همکاران، ۱۳۸۶).

جهان و همکاران (۱۳۸۶) بیان نمودند بیشترین سرعت فتوسنتز در تلقیح توأم قارچ مایکوریزا و باکتری آزوسپریلیوم و ازتوباکتر در ذرت حاصل شد. اثر تلقیح با انواع میکروارگانیسم‌ها بر ماده خشک تولیدی ذرت معنی‌دار بود. به طوری که تلقیح توأم قارچ و باکتری بیشترین ماده خشک را تولید کرد. همچنین تلقیح توأم قارچ و باکتری بیشترین میزان عدد کلروفیل‌متر را به خود اختصاص داد. در آزمایش گلخانه‌ای کاربرد کودهای بیولوژیک حاوی قارچ مایکوریزا و سه گونه باکتری *Azotobacter chroococum, Bacillus megaterium, Bacillus mucilaginous* باعث افزایش مقدار بیوماس و ارتفاع گیاهچه ذرت شد و اثرات مصرف نیمی از کودهای شیمیایی و کودهای آلی به همراه کود بیولوژیک با مصرف کامل کودها بدون کود بیولوژیک مشابه بود (وو[۱] و همکاران، ۲۰۰۵).

نتایج بدست آمده از مطالعه‌ای در گیاه جو مشخص نمود مصرف کودهای بیولوژیک اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، وزن هزار دانه و تعداد سنبله در متر مربع از خود نشان داد. اختلاف بین ارقام برای عملکرد معنی‌دار شد و اثر متقابل رقم در کودهای بیولوژیکی تنها برای عملکرد بیولوژیک کاملاً معنی دار شد (ارشادمرادی و همکاران، ۱۳۸۹).

۱ - Wu

فصل چهارم

مواد و روش ها

۴-۱- موقعیت محل و زمان اجرای طرح

این آزمایش در سال ۱۳۹۱ در مزرعه آموزشی-پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری واقع در ۹ کیلومتری جاده خزرآباد به طول ۵۳ درجه و ۴ دقیقه شرقی و عرض ۳۶ درجه و ۳۹ دقیقه شمالی و در ارتفاع ۱۴ متر از سطح دریا به اجرا در آمد. داده‌های هواشناسی نشان می‌دهد که این منطقه دارای تابستان گرم و نسبتاً مرطوب و زمستان‌های سرد و مرطوب بوده است.

۴-۲- مشخصات خاک و محل آزمایش و بذر مورد استفاده

قبل از اجرای آزمایش از خاک مزرعه به عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متر نمونه برداری و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن تعیین شد که نتایج آن در جدول ۴-۱ آورده شده است. بذر مورد استفاده رقم ناز تک شاخه بوده که سازگار با منطقه ساری است و از مرکز تحقیقات کشاورزی قراخیل قائمشهر تهیه گردید.

جدول ۴-۱ مشخصات شیمیایی و فیزیکی خاک مزرعه آزمایشی

ذرات خاک (درصد)			بافت خاک	pH	Ec (dS/m)	آهک	N%	Fe	C	P	K	S
شن	سیلت	رس						قابل جذب (میلی‌گرم بر کیلوگرم)				
۹	۴۲	۴۹	سیلتی کلی	۷/۳۹	۱/۰۲	۲۵/۲	۰/۱۹	۵۳/۷۶	۱/۶۵	۵/۲۶	۲۵۲/۴۴	۵/۷۳

۴-۳- پیاده نمودن نقشه آزمایشی

۴-۳-۱- طرح آزمایش

این پژوهش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید (شکل ۱). فاکتورهای مورد بررسی عبارتند از: قارچ مایکوریزا {تلقیح (M_1) و عدم تلقیح (M_0)}، باکتری تیوباسیلوس {تلقیح (B_1) و عدم تلقیح (B_0)} و کود شیمیایی {شاهد (عدم استفاده، F_0)، کود دهی طبق عرف منطقه (شامل ۲۵ کیلوگرم در هکتار اوره و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل، F_1) و F_2 (کودهی به مقدار ۲۵ کیلوگرم در هکتار اوره، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم)}. هر کرت شامل ۴ ردیف کاشت به طول ۵ و عرض ۲ متر (فواصل بین خطوط کاشت ۴۰ سانتی‌متر) فاصله دو کرت از یکدیگر ۵۰ سانتی متر و فواصل بین تکرارها ۲ متر در نظر گرفته شد.

بلوک ۱	M_0	M_1	M_1	M_0	M_0	M_0	M_0	M_1	M_0	M_1	M_1	M_1
	B_0	B_1	B_0	B_0	B_1	B_1	B_0	B_0	B_1	B_1	B_1	B_0
	F_2	F_1	F_2	F_1	F_0	F_1	F_0	F_1	F_2	F_2	F_0	F_0

بلوک ۲	M_1	M_1	M_0	M_1	M_1	M_0	M_1	M_0	M_0	M_0	M_1	M_0
	B_1	B_1	B_1	B_1	B_0	B_0	B_0	B_1	B_0	B_0	B_0	B_1
	F_1	F_0	F_0	F_2	F_0	F_0	F_2	F_1	F_1	F_2	F_1	F_2

بلوک ۳	M_0	M_1	M_1	M_1	M_1	M_0	M_0	M_0	M_1	M_1	M_0	M_0
	B_1	B_0	B_1	B_1	B_1	B_1	B_0	B_0	B_0	B_0	B_1	B_0
	F_0	F_0	F_0	F_1	F_2	F_2	F_0	F_1	F_2	F_1	F_1	F_2

شکل ۱- نقشه اجرای پژوهش در مزرعه

۴-۳-۲- تلقیح بذر

مایه تلقیح مایکوریزا از شرکت زیست فناوران تهیه گردید که ترکیبی از خاک و ریشه‌های گیاه شبدر تلقیح شده با AM بود. به منظور تلقیح بذر با کود بیولوژیک مایکوریزا آرباسکولار، شیارهایی تا عمق ۳ سانتی‌متری در زمین ایجاد و مایکوریزا به صورت خطی در شیار قرار گرفت و سپس ۲ سانتی‌متر روی آن خاک ریخته و سپس زمین آماده کشت شد.

برای تلقیح بذر با کود بیولوژیک تیوباسیلوس طبق دستورالعمل شرکت سازنده (فناوری زیستی مهر آسیا) عمل شد. از رایج‌ترین روش برای کاربرد ترکیبات باکتریایی که مه‌پاشی آن‌ها روی دانه‌ها قبل از کشت است (روی و همکاران، ۲۰۰۶) استفاده شد. مایه تلقیح، به صورت مایع، به میزان دو لیتر در هکتار با بذر آغشته‌شده و بذرهای تلقیح شده پس از خشک شدن در سایه مورد کشت قرار گرفتند (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۷؛ فلاحی و همکاران، ۱۳۸۸).

۴-۴- عملیات زراعی

۴-۴-۱- آماده سازی زمین

با توجه با آیش بودن زمین، قبل از کاشت زمین مورد نظر دیسک و سپس کولتیواتور زده شد.

۴-۴-۲- عملیات کاشت

پس از آماده سازی زمین کود فسفر از منبع سوپرفسفات تریپل (به میزان‌های مشخص شده برای هر کرت) دو هفته قبل از کشت مصرف شد. سپس قارچ میکوریزا طبق دستورالعمل به خاک اضافه و قبل از کاشت اقدام به آبیاری زمین گردید. پس از تلقیح بذور با تیوباسیلوس، کاشت بذور در

شیارهای مربوط توسط دست انجام و روی آن با خاک پوشانده شد. به منظور سهولت در کاشت بذرهای ریز کنجد، بذور به نسبت ۱ به ۱۰ با ماسه مخلوط گردیدند.

۴-۴-۳- عملیات داشت

عملیات داشت شامل آبیاری، تنک کردن و مبارزه با علف‌های هرز و وجین مزرعه بود.

۴-۴-۳-۱- آبیاری

اولین آبیاری همزمان با کشت و بعد از آن تقریباً در اوایل دوره کشت یک بار در هفته و در اواسط دوره کشت هر ۱۰ روز آبیاری گردید.

۴-۴-۳-۲- تنک کردن

در طی مرحله رشد چندین مرحله تنک صورت گرفت و آخرین مرحله تنک زمانی بود که ارتفاع گیاه به ۱۰-۷ سانتی‌متر رسید تا فاصله بوته روی ردیف حدود ۱۰ سانتی‌متر شود.

۴-۴-۳-۳- مبارزه با علف‌های هرز و وجین

عملیات وجین در زمان‌های لازم توسط دست انجام گرفت. در طی آزمایش ضرورتی برای سم‌پاشی علیه آفات و بیماری‌ها احساس نگردید.

۴-۴-۴- عملیات برداشت

زمان برداشت کنجد هنگامی در نظر گرفته شد که دانه‌ها در کپسول‌های پایینی رسیده بودند (رستگار، ۱۳۸۵). برداشت بوته‌ها جهت تعیین عملکرد گیاه از مساحت حدود یک متر مربع، با حذف حاشیه از طرفین، به صورت قطع بوته‌ها از سطح خاک صورت گرفت.

۴-۵- نمونه‌برداری‌ها

۴-۵-۱- نمونه‌برداری جهت اندازه‌گیری صفات مورفولوژیک و شاخص‌های رشد گیاه

به منظور بررسی عوامل مؤثر بر رشد و عملکرد کنجد در مزرعه در ۶ مرحله نمونه‌برداری شد. در هر نوبت ۲ گیاه از هر کرت آزمایشی برداشت شد. هر بوته پس از اندازه‌گیری صفات مرفولوژیک در پاکت مقوایی قرار داده شد. پاکت‌ها به مدت ۴۸ ساعت در آون ۷۵ درجه سانتی‌گراد خشک شدند و وزن خشک آن‌ها اندازه گیری گردید.

۴-۵-۲- اندازه‌گیری عملکرد دانه و شاخص برداشت

برای محاسبه‌ی عملکرد در زمان برداشت بوته‌ها بعد از حذف اثر حاشیه از یک متر مربع (۲۰-۱۸ بوته) با دست برداشت و به مدت چند روز در آفتاب نگه‌داری گردیدند تا تمامی بذور رسیده شدند. بذور هر کرت جداگانه توزین و عملکرد هر کرت محاسبه گردید.

۴-۵-۳- اندازه گیری روغن و پروتئین دانه

اندازه‌گیری روغن و نیتروژن کل دانه، توسط دستگاه NIR مدل KJT-270 موجود در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری انجام گرفت. سپس به منظور محاسبه پروتئین دانه، میزان نیتروژن در ضریب تبدیل ۵/۳ (دینی‌ترکمانی و کاراپتیان، ۱۳۸۶) ضرب شد.

۴-۵-۴- اندازه‌گیری فسفر دانه

جهت اندازه‌گیری فسفر، ابتدا نمونه‌ها به روش اسید نیتریک و پرکلریک هضم گردیدند. بدین صورت که ۰/۵ گرم از ماده خشک آسیاب شده را به همراه ۷ میلی‌لیتر محلول اسید نیتریک و اسید پرکلریک در لوله هضم ریخته و اصطلاحاً به مدت ۲۴ ساعت به کل مخلوط استراحت داده شد. سپس لوله‌ها در بلوک حرارتی به ترتیب در دماهای ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۲۵ درجه سانتیگراد به مدت ۴، ۱ و ۲ ساعت قرار داده شدند (هانسون، ۱۹۵۰). سپس لوله‌ها با شستشو در فالکون ۵۰ میلی لیتری به حجم نهایی ۵۰ میلی لیتر رسانده شدند. با استفاده از محلول آمونیوم مولیبدات و آمونیوم وانادات و ساخت محلول‌های استاندارد و اضافه کردن به حجم معینی از نمونه هضم شده، محلول نهایی جهت قرائت با دستگاه اسپکتوفتومتر آماده شد. قرائت نمونه‌ها توسط دستگاه اسپکتوفتومتر (Jenway modle TFT7)، موجود در دانشگاه صنعتی شاهرود به انجام رسید.

۴-۵-۵- اندازه‌گیری پتاسیم دانه

بعد از هضم نمونه‌ها به روش اسید نیتریک و پرکلریک (هانسون، ۱۹۵۰)، پتاسیم نمونه‌ها توسط دستگاه فلیم‌فتومتر اندازه‌گیری شد. برای این منظور استانداردهای عنصر در غلظت‌های مختلف ساخته شده و بعد از کالیبره کردن، نمونه‌ها یک به یک به دستگاه داده و اطلاعات توسط نرم‌افزارهای مختلف آنالیز گردید.

۴-۵-۶- اندازه‌گیری گوگرد دانه

جهت اندازه‌گیری گوگرد به روش کدورت‌سنجی، ابتدا نمونه‌ها هضم شدند. برای این منظور ابتدا ۰/۲ گرم از نمونه‌های گیاهی خشک و پودر شده توزین، آنگاه به میزان پنج میلی‌لیتر مخلوط اسید نیتریک و اسید پرکلریک به نسبت ۸۵ به ۱۵ به داخل لوله‌های هضم حاوی نمونه گیاهی اضافه کرده و به میزان ۷ ساعت در داخل بلوک حرارتی در دماهای ۶۰، ۱۰۰، ۱۲۰ و ۱۹۰ درجه سانتیگراد به ترتیب ۳، ۱، ۱ و ۲ ساعت، قرار داده می‌شود. بعد از اتمام هضم، نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در دمای محیط جهت خنک شدن قرار داده شدند. در نهایت ۵ میلی‌لیتر اسید هیدروکلریدریک ۲۰ درصد به نمونه‌ها اضافه شد. جهت قرائت نمونه‌ها توسط دستگاه توربیدیمتر، حجم نمونه‌ها به ۲۰ میلی متر رسانده شد (ژائو و همکاران، ۱۹۹۴). سپس نمونه‌ها توسط دستگاه کدورت سنج (Turbidimeter Model TN100) موجود در دانشگاه صنعتی شاهرود قرائت شد.

۴-۶- اندازه‌گیری میزان کلروفیل برگ

در مرحله شروع غلاف‌دهی، از بالاترین برگ‌های توسعه یافته دو بوته که به طور تصادفی انتخاب شدند، توسط دستگاه کلروفیل سنج (SPAD-502 Chiorophyll Meter Minolta Co, Japan) موجود در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، مقدار کلروفیل بالاترین برگ‌های توسعه یافته در سه قسمت ابتدا، وسط و نوک برگ تعیین و میانگین آن به صورت عدد SPAD ثبت شد. این دستگاه مقدار کلروفیل برگ را بدون آسیب رساندن به گیاه تعیین می‌کند و مقدار نسبی کلروفیل را بر اساس مقدار جذب نور قرمز مشخص می‌نماید. زیرا کلروفیل نور قرمز را با کارایی بالا جذب کرده و بر اساس ارتباط بین مقدار جذب آن و مقدار نور اولیه منتشر شده از یک منبع نوری در داخل دستگاه، سنجش مقدار کلروفیل انجام می‌شود. بنابراین جذب نور قرمز بیشتر به معنای حضور بیشتر کلروفیل و گیاه سبزتر و شاداب‌تر است (فرانسیس و پای کایلیک، ۲۰۰۰).

۴-۷- اندازه‌گیری کلونیزاسیون ریشه

به منظور تعیین میزان کلونیزاسیون ریشه‌ها از هر کرت آزمایشی پس از کنار زدن خاک از عمق ۲۰ تا۳۰ سانتیمتری، نمونه پنج گرمی از ریشه گرفته شد. ریشه‌های نمونه‌برداری شده را با آب به خوبی شسته، به طوری که تمامی خاک و باقیمانده گیاهی از ریشه‌ها حذف گردید. سپس به منظور رنگ‌بری، ریشه‌ها را در محلول KOH ۱۰درصد به مدت ۲۴ ساعت در دمای محیط استفاده شد. جهت خنثی نمودن محیط ریشه‌ها، آنها را به مدت ۴ دقیقه در محلول اسید کلریدریک ۰/۱ مولار قرار داده شدند. برای رنگ‌آمیزی، ریشه‌ها به مدت ۱۲ ساعت در محلول تریپان بلو ۰/۰۱ درصد در دمای آزمایشگاه نگهداری شدند (فیلیپس و هایمن، ۱۹۷۰). به منظور تعیین درصد کلونیزاسیون ۲۰ قطعه یک سانتیمتری بریده شده و زیر میکروسکوپ با بزرگ‌نمایی ۲۰۰ وجود هر یک از اندام قارچ (ویزیکول، آرباسکول و هیف) به عنوان پنج درصد حساب شد (گارسیا و همکاران، ۲۰۱۲).

۴-۸- روشهای آماری مورد استفاده

برای تجزیه و تحلیل آماری از نرم افزارهای SAS نسخه ۹/۱ و MSTATC استفاده گردید. مقایسه میانگین صفات مورد بررسی به روش آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) در سطوح پنج درصد انجام گرفت.

فصل پنجم

نتایج و بحث

۵-۱- صفات مرفولوژیکی

۵-۱-۱- ارتفاع بوته کنجد

تیمار قارچ میکوریزا و اثر متقابل سه‌گانه قارچ میکوریزا، باکتری تیوباسیلوس و نسبت‌های مختلف کودی از نظر ارتفاع بوته کنجد اختلاف معنی‌داری را از لحاظ آماری در سطح احتمال یک درصد نشان دادند (جدول ۵-۱).

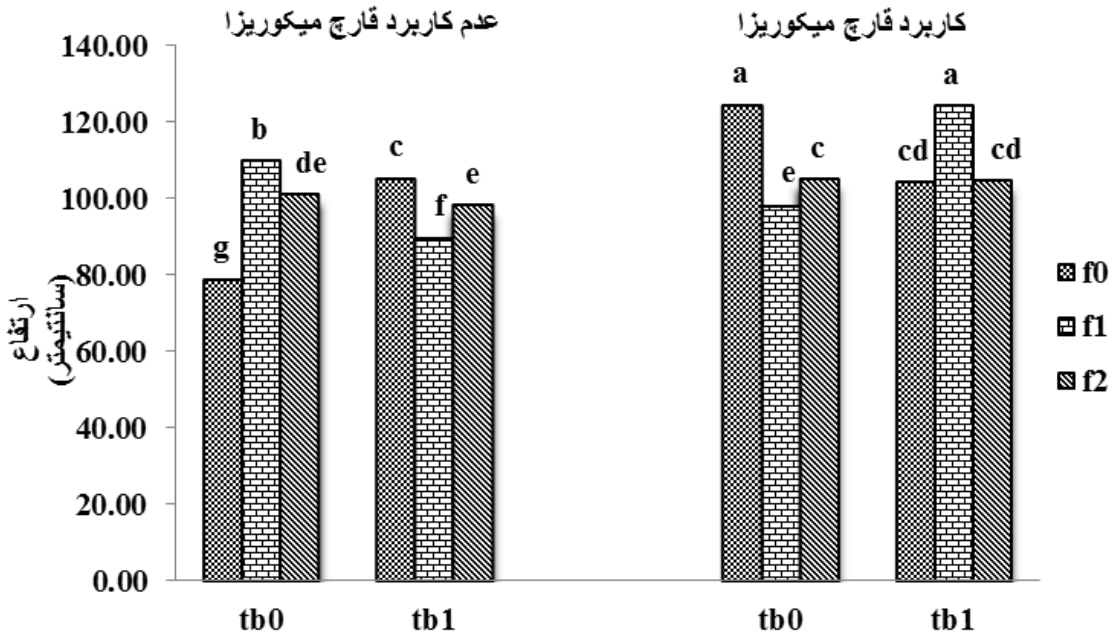
ترکیب تیماری $m_1tb_0f_0$ کاربرد قارچ میکوریزا، عدم تلقیح با باکتری تیوباسیلوس و عدم کاربرد کود شیمیایی (سطح صفر کودی)، با ۱۲۴/۴ سانتی‌متر بالاترین و تیمار شاهد با ۷۹ سانتی‌متر کمترین ارتفاع را نشان دادند (شکل ۵-۱). اثرات مثبت میکوریزا بر افزایش ارتفاع در گیاهان مختلف به اثبات رسیده است (یانوملو و همکاران، ۱۹۹۹؛ گاویتو و همکاران، ۲۰۰۰؛ کیانگ‌شن و همکاران، ۲۰۰۶ و وانی و همکاران، ۲۰۰۶).

همزیستی میکورزایی از طریق تغییر در اختصاص منابع بین ریشه و قسمت‌های هوایی منجر به افزایش سطح برگ و افزایش ارتفاع می‌گردد. همچنین گیاهان میکوریزایی انرژی کمتری برای تشکیل ریشه صرف می‌کنند، لذا این گیاهان ساقه بزرگتری را تولید کرده و نسبت ریشه به ساقه پایین‌تری دارند (اسکولتز، ۲۰۰۱). همچنین به نظر می‌رسد باکتری‌های حل کننده فسفر با افزایش میزان حلالیت فسفر و جذب آن توسط گیاه و همچنین تولید هورمون‌های رشد سبب افزایش رشد بوته‌ها می‌شوند (مخابلا و وارمان، ۲۰۰۵).

جدول ۵-۱- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در گیاه کنجد

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		ارتفاع گیاه	قطر ساقه	محتوای کلروفیل	تعداد گره	فاصله بین گره‌ها
تکرار (r)	۲	۱۰۸۵/۳۴ ns	۲/ ۵۳ **	۱۵۸/۲۱**	۳۳/۷۷ **	۰/۴۳**
قارچ مایکوریزا (m)	۱	۱۵۰۸/۰۲**	۱۲/ ۱۸ **	۲۵۹/ ۷۴**	۳/۳۶ ns	۰/۷۲**
باکتری تیوباسیلوس(tb)	۱	۱۹/۳۶ ns	۰/۳۶ ns	۷۵/۹۸ ns	۲/۲۵ ns	۰/۰۸ ns
سطوح مختلف کودی(f)	۲	۳۰/۴۷ ns	۰/۴۹ *	۱۱/۲۰ ns	۱۲۴/۶۹ **	۰/۶۴**
(m×tb)	۱	۱/۴۴ ns	۰/۰۳ ns	۱۴۵/۲۰*	۱۷/۳۶ ns	۰/۰۸ ns
(m×f)	۲	۲۲۵/۹۴ ns	۰/۳۵ ns	۱۷۷/۴۸**	۹۰/۰۲ **	۰/۳۰**
(tb×f)	۲	۲۲/۳۳ ns	۰/۰۵ ns	۱۳۷/۹۰**	۳۶/۷۵ **	۰/۱۴ *
(m×tb×f)	۲	۱۶۳۳/۴۳**	۲/۰۱ **	۷/۷۲ ns	۲۱۴/۵۲ **	۰/۳۲**
خطا	۲۲	۳/۰۲	۰/۱۴	۲۰/۰۰	۳/۷۱	۰/۰۳

ns، * و ** به ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌دار بودن و معنی‌دار بودن در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

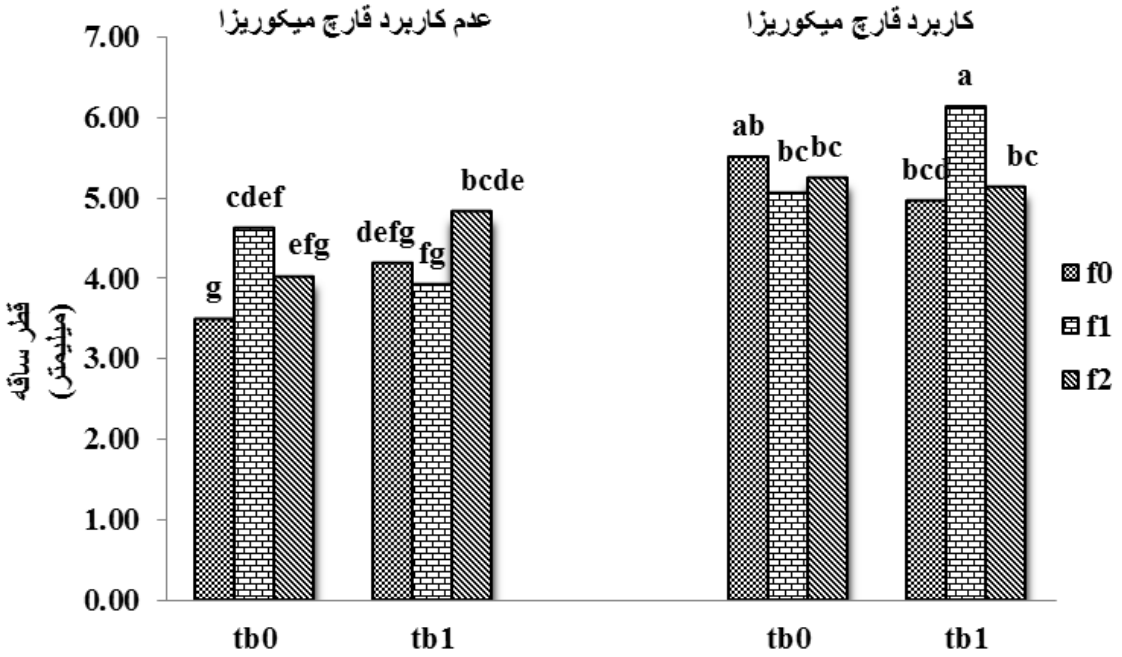


شکل ۵-۱- اثرات متقابل قارچ میکوریزا، باکتری تیوباسیلوس و سطوح کودی مختلف بر ارتفاع بوته کنجد

m= تیمار میکوریزا (m1= کاربرد و m0= عدم کاربرد)، tb= تیمار تیوباسیلوس (tb1= تلقیح و tb0= عدم تلقیح)، f= سطوح مختلف کودی (f0= عدم کاربرد، f1= ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل و f2= f_1 + ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم)

۵-۱-۲- قطر ساقه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان دهنده، تأثیر معنی‌دار تیمارهای قارچ میکوریزا و سطوح مختلف کودی بر قطر ساقه است (جدول ۵-۱). اثرات متقابل سه‌گانه نیز اثر معنی‌داری را از لحاظ آماری درسطح احتمال یک درصد نشان داد (جدول ۵-۱). به طوری که بیشترین قطر ساقه در تیمار کاربرد قارچ میکوریزا، تلقیح باکتری تیوباسیلوس و سطح دو کودی (۲۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل) مشاهده شد که به میزان ۶/۱۳ میلی‌متر بود که نسبت به شاهد ۷۵/۶۴ درصد افزایش را نشان می‌دهد (شکل ۵-۲).



شکل ۵-۲- اثرات متقابل قارچ میکوریزا، باکتری تیوباسیلوس و سطوح کودی مختلف بر قطر ساقه کنجد

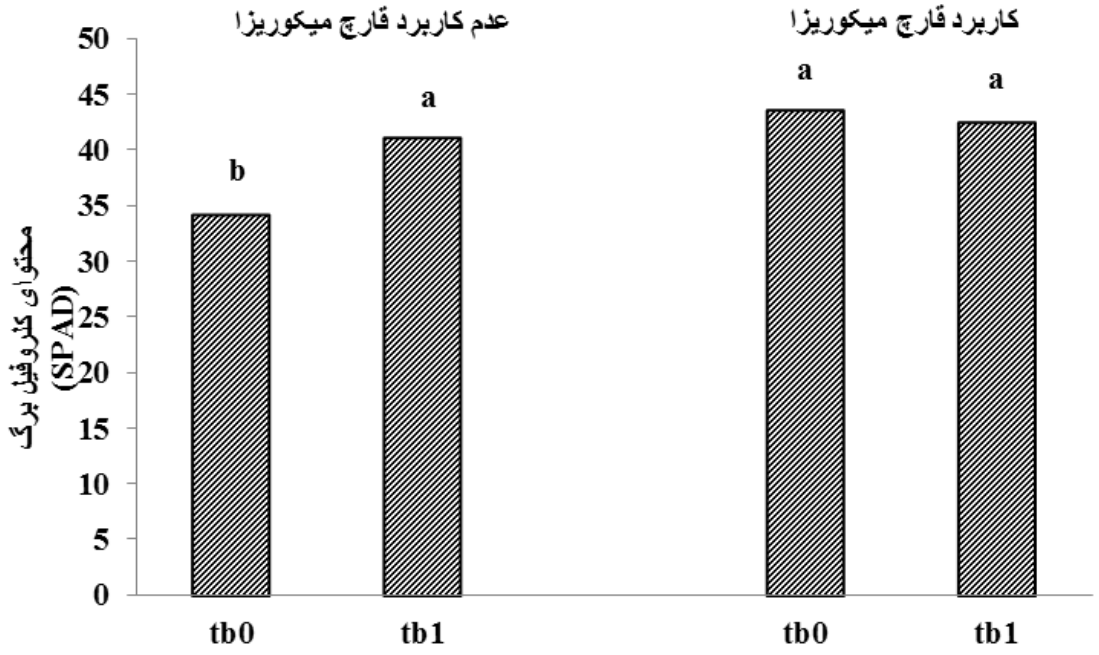
m= تیمار میکوریزا (m1= کاربرد و m0= عدم کاربرد)، tb= تیمار تیوباسیلوس (tb1= تلقیح و tb0= عدم تلقیح)، f= سطوح مختلف کودی (f0= عدم کاربرد، f1= ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل و f2= f_1 + ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم)

بررسی کلّی‌تر این نکته مهّم را روشن می‌کند که تیمارهای دارای قارچ میکوریزا، از قطر بیشتری نسبت به سایر تیمارها برخوردار هستند. اثرات سینرژیستی قارچ و باکتری موجب فراهمی عناصر مورد نیاز و در نتیجه رشد بهتر و بیشتر گیاه در مقایسه با تیمار شاهد می‌گردد (لوکی‌ویتید و سیمانون‌گالیت، ۲۰۰۲). نتایج این بررسی با یافته‌های کیانگ شن و همکاران (۲۰۰۶) و وانی و همکاران (۲۰۰۶) مبنی بر افزایش قطر ساقه گیاهان مختلف میکوریزایی هماهنگی دارد.

۵-۱-۳- محتوای کلروفیل برگ

در نتایج حاصله از تجزیه واریانس داده‌ها مشخص گردید که تفاوت معنی‌داری در تیمار قارچ میکوریزا از لحاظ محتوای کلروفیل برگ وجود دارد (جدول ۵-۱). اثرات متقابل قارچ میکوریزا و باکتری تیوباسیلوس درسطح احتمال پنج و اثر متقابل قارچ میکوریزا و سطوح مختلف کودی و

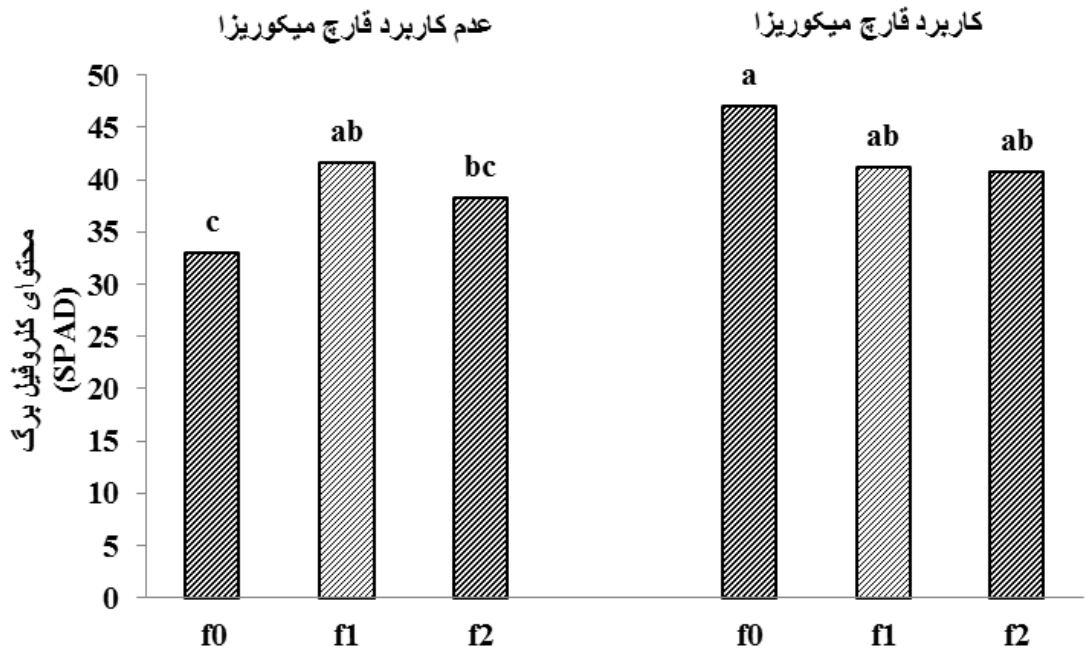
همچنین اثر متقابل باکتری تیوباسیلوس و سطوح مختلف کودی در سطح احتمال یک درصد مشاهده شد (جدول ۵-۱). در اثر متقابل قارچ میکوریزا و باکتری تیوباسیلوس بیشترین محتوی کلروفیل برگ مربوط به تیمار کاربرد قارچ میکوریزا و عدم تلقیح باکتری تیوباسیلوس است که نسبت به شاهد افزایش ۲۷/۴۸ درصدی را نشان می‌دهد (شکل ۵-۳).



شکل ۵-۳- اثرات متقابل قارچ میکوریزا و باکتری تیوباسیلوس بر محتوای کلروفیل برگ کنجد

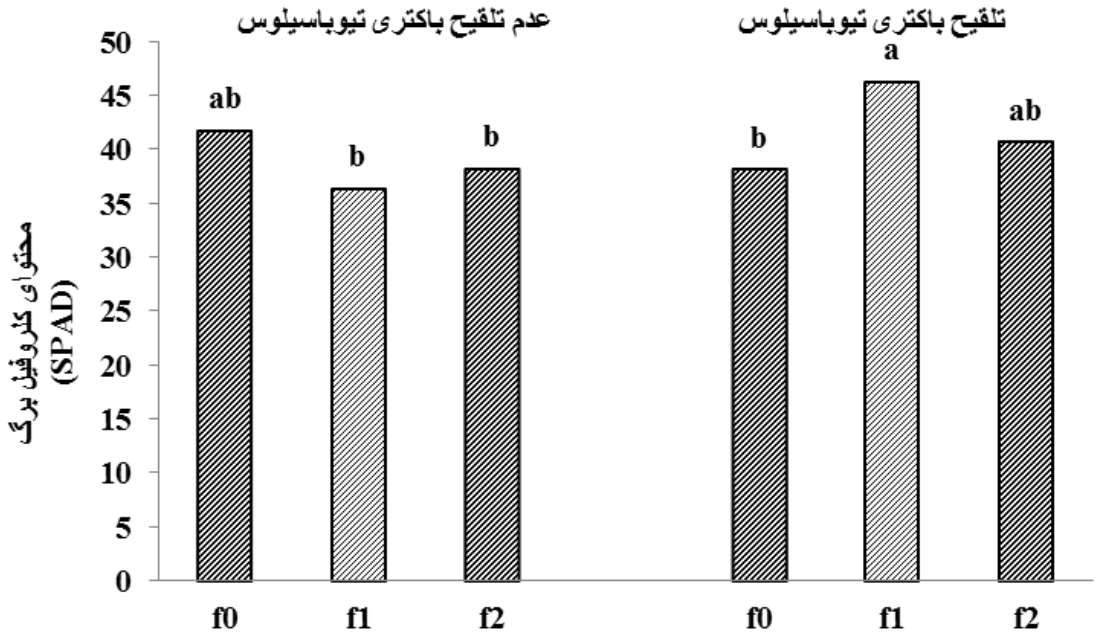
m= تیمار میکوریزا (m1= کاربرد و m0= عدم کاربرد) و tb= تیمار تیوباسیلوس (tb1= تلقیح و tb0= عدم تلقیح)

مقایسه میانگین ترکیبات تیماری قارچ میکوریزا و سطوح مختلف کودی، نشان داد کاربرد قارچ میکوریزا و عدم استفاده از کود شیمیایی، بیشترین مقدار کلروفیل و عدم کاربرد قارچ میکوریزا و عدم کاربرد کود شیمیایی کمترین مقدار این صفت را به خود اختصاص داده‌اند (شکل ۵-۴). در یک آزمایش که توسط کموتا و همکاران (۲۰۰۴) انجام گرفت اثر سه نوع قارچ میکوریزا بر گیاه سویا مورد بررسی قرار دادند و اظهار داشتند که گیاهان تلقیح شده با میکوریزا ماده خشک بیشتری در برگ‌های خود ذخیره کرده است. افزایش در محتوی کلروفیل ممکن است به دلیل فراهمی بیشتر مواد غذایی ریزمغذی توسط باکتری‌ها باشد (ظهیر و همکاران، ۲۰۰۴).



شکل ۵-۴- اثرات متقابل قارچ میکوریزا و سطوح کودی مختلف بر محتوای کلروفیل برگ کنجد

m= تیمار میکوریزا (m1= کاربرد و m0= عدم کاربرد) و f= سطوح مختلف کودی (f0= عدم کاربرد، f1= ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل و f2= f_1 + ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم)



شکل ۵-۵- اثرات متقابل باکتری تیوباسیلوس و سطوح کودی مختلف بر محتوای کلروفیل برگ کنجد

tb= تیمار تیوباسیلوس (tb1= تلقیح و tb0= عدم تلقیح) و f= سطوح مختلف کودی (f0= عدم کاربرد، f1= ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل و f2= f_1 + ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم)

نتایج مربوط به مقایسه میانگین ترکیبات تیماری باکتری تیوباسیلوس و سطوح مختلف کودی نشان داد که تلقیح باکتری تیوباسیلوس و سطح یک کودی با ۴۶/۳۵ دارای بیشترین و تیمار عدم تلقیح باکتری تیوباسیلوس و سطح یک کودی با ۳۶/۴۳ دارای کمترین محتوای کلروفیل می‌باشند (شکل۵-۵). خاوازی و همکاران (۱۳۸۴) نتیجه گرفتند که باکتری تیوباسیلوس از طریق اکسایش گوگرد، به جذب گوگرد و سایر عناصر غذایی مانند فسفر، آهن و روی کمک کرده و باعث افزایش محتوای کلروفیل و به تبع آن افزایش عملکرد گیاه می‌شود.

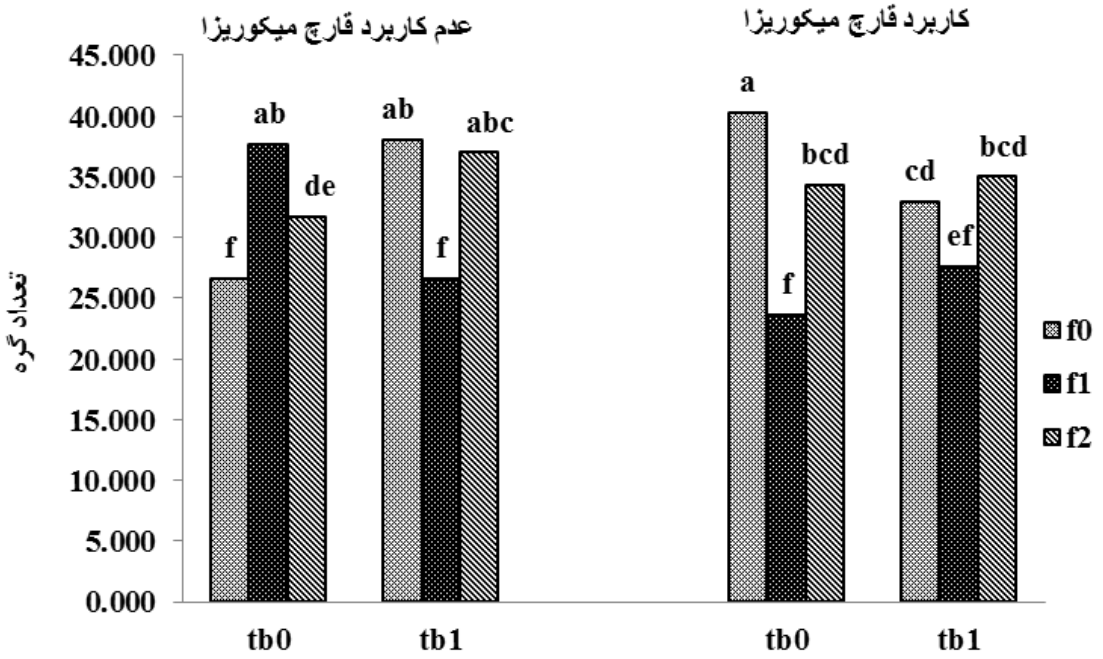
۵-۱-۴- تعداد گره و فاصله بین گره‌ها

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها بیانگر تفاوت معنی‌دار بین تیمارهای سطوح مختلف کودی و اثرات متقابل قارچ میکوریزا و سطوح مختلف کودی، اثر متقابل باکتری تیوباسیلوس و سطوح مختلف کودی و همچنین اثر متقابل سه‌گانه قارچ میکوریزا، باکتری تیوباسیلوس و سطوح کودی مختلف از نظر تعداد گره است (جدول۵-۱).

نتایج مربوط به مقایسه میانگین اثر متقابل سه‌گانه قارچ میکوریزا، باکتری تیوباسیلوس و سطوح کودی مختلف نشان داد که تیمار کاربرد قارچ میکوریزا و عدم تلقیح با باکتری تیوباسیلوس و سطح صفر کودی با ۴۰/۳۳ عدد گره نسبت به تیمار شاهد افزایش ۵۱/۲۷ درصدی داشته است (شکل۵-۶).

آلوش و همکاران (۲۰۰۰) نشان دادند که گیاه نخود تلقیح شده با میکوریزا سبب افزایش تعداد گره، محتوای فسفر اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی و عملکرد دانه نسبت به شاهد شد که با نتایج حاصله مطابقت داشت. به طور کلی اعتقاد بر این است که کاربرد کودهای بیولوژیک حاوی ریزموجودات باکتریایی و یا قارچی، به تنهایی و یا در ترکیب با یکدیگر، در بهبود ویژگی‌های رشدی و

عملکرد گیاه تأثیر مثبت دارد (کوچکی، ۱۳۸۷). تجزیه واریانس داده‌ها نشان دهنده، تأثیر معنی‌دار قارچ میکوریزا و سطوح مختلف کودی بر فاصله بین گره‌ها است (جدول ۵-۱).



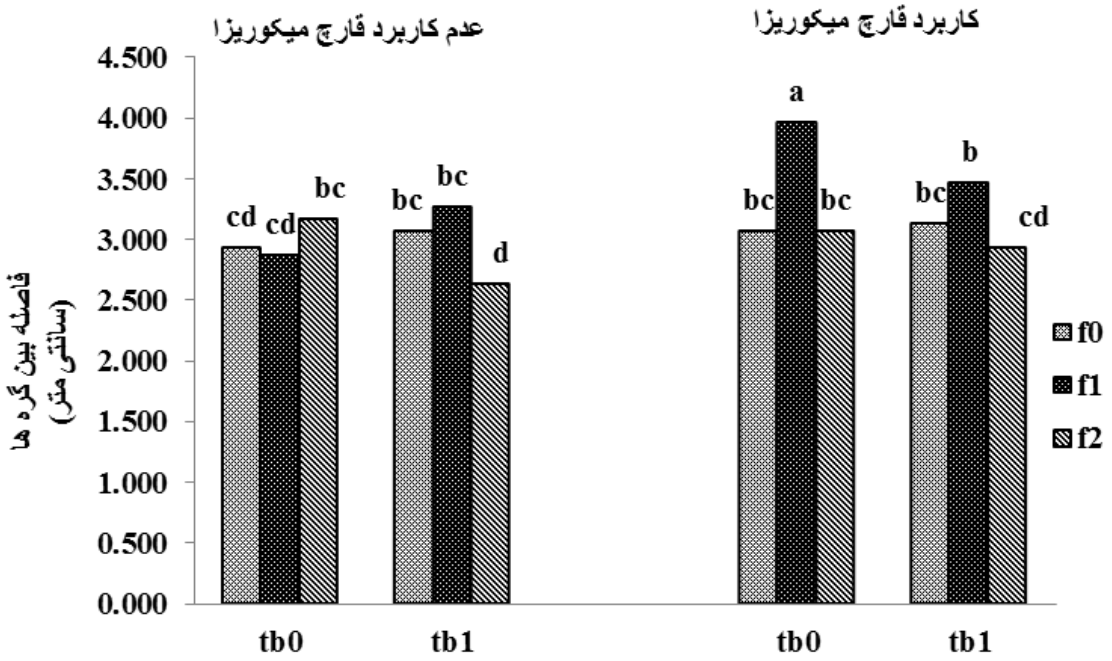
شکل ۵-۶- اثرات متقابل قارچ میکوریزا، باکتری تیوباسیلوس و سطوح کودی مختلف بر تعداد گره

m= تیمار میکوریزا (m1= کاربرد و m0= عدم کاربرد)، tb= تیمار تیوباسیلوس (tb1= تلقیح و tb0= عدم تلقیح)، f= سطوح مختلف کودی (f0= عدم کاربرد، f1= ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل و f2= f_1 + ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم)

در بررسی اثر متقابل قارچ میکوریزا، باکتری تیوباسیلوس و سطوح مختلف کودی مشخص شد که تیمار کاربرد قارچ میکوریزا، عدم تلقیح باکتری تیوباسیلوس و سطح یک کودی شامل۲۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل، بیشترین فاصله بین گره را دارا است که ۳۵/۱۵ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش را نشان می‌دهد(شکل ۵-۷).

دیویس و همکاران (۲۰۰۵) در بررسی انجام شده بر روی سیب زمینی دریافتند که گیاهان میکوریزایی در مقایسه با گیاهان غیرمیکوریزایی، دارای رشد بیشتر و نسبت ساقه به ریشه بالاتری هستند که افزایش در نسبت ساقه به ریشه نقش حمایت کنندگی در برابر رشد بیشتر اجزای گیاهی

از جمله طول ساقه و تعداد گره در گیاه میکوریزایی دارد (فریدن و تری، ۱۹۸۷). اثرات سینرژیستی قارچ و باکتری موجب فراهمی عناصر مورد نیاز، و در نتیجه رشد بهتر و بیشتر گیاه در مقایسه با تیمار شاهد می‌گردد (لوکی‌ویتید و سیمانون‌گالیت، ۲۰۰۲).



شکل ۵-۷- اثرات متقابل قارچ میکوریزا، باکتری تیوباسیلوس و سطوح کودی مختلف بر فاصله بین گره‌ها کنجد

m= تیمار میکوریزا (m1= کاربرد و m0= عدم کاربرد)، tb= تیمار تیوباسیلوس (tb1= تلقیح و tb0= عدم تلقیح)، f= سطوح مختلف کودی (f0= عدم کاربرد، f1= ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل و f2= f_1 + ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم)

۵-۱-۵- همبستگی برخی از صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی

نتایج همبستگی بین صفات مورد بررسی نشان داد که بین این صفات همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد (جدول ۵-۲). بیشترین همبستگی بین ارتفاع و قطر (r = ۰/۸۲**) مشاهده شد. همچنین در این بررسی مشخص شد که شاخص سطح برگ با هیچ یک از موارد مورد مطالعه به جز قطر ساقه همبستگی نداشته است.

جدول ۵-۲- مقادیر ضریب همبستگی بین برخی از صفات مورد مطالعه در گیاه کنجد (n = ۳۶)

صفات	ارتفاع	قطر	محتوای کلروفیل	تعداد گره	فاصله بین گره	شاخص سطح برگ
ارتفاع	۱					
قطر	۰/۸۲**	۱				
محتوای کلروفیل	۰/۴۷ ns	۰/۵۶ ns	۱			
تعداد گره	۰/۴۸ ns	۰/۱۷ ns	۰/۱۲ ns	۱		
فاصله بین گره	۰/۰۹ ns	۰/۲۵ ns	۰/۰۷ ns	-۰/۶۹*	۱	
شاخص سطح برگ	۰/۴۴ ns	۰/۷۰**	۰/۳۴ ns	۰/۰۵ ns	۰/۱۸ ns	۱

ns، * و ** به ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌دار بودن و معنی‌دار بودن در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

۵-۲- عملکرد و اجزای عملکرد کنجد

۵-۲-۱- عملکرد کنجد

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، بیانگر وجود تفاوت معنی‌دار در تیمار قارچ میکوریزا از لحاظ عملکرد دانه است (جدول ۵-۳). اثر متقابل قارچ میکوریزا و باکتری تیوباسیلوس از لحاظ آماری در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد کنجد معنی‌دار شد (جدول ۵-۳).

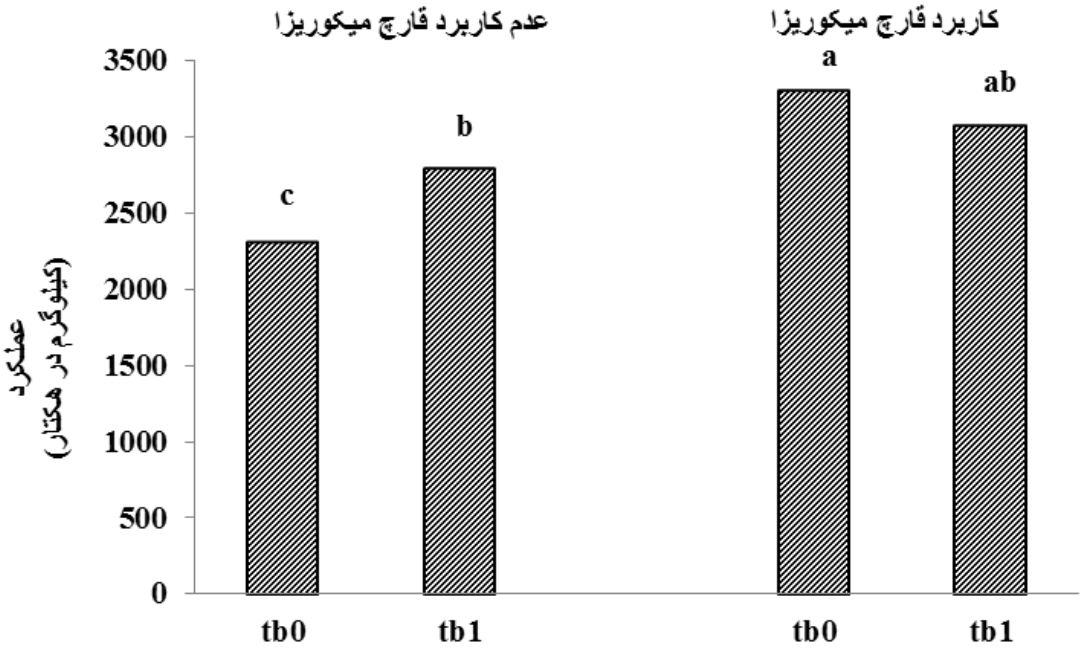
جدول ۵-۳- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در گیاه کنجد

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		عملکرد	تعداد کپسول	وزن هزار دانه	بیوماس	شاخص برداشت
تکرار (r)	۲	۷۶۷۹۱۹/۴۴**	۲۴۱/۸۴.**	۰/۸۲ **	۱۸۳۲۲/۶۰**	۰/۸۷ ns
قارچ مایکوریزا (m)	۱	۳۵۲۸۱۳۶/۱۱**	۱۶۸۵/۵۵ **	۲/۹۶ **	۳۶۸۴۴/۹۱**	۱۹۸/۰۱ **
باکتری تیوباسیلوس(tb)	۱	۱۳۳۲۲۵/۰۰ ns	۲۳/۳۶ ns	۰/۳۲ ns	۴۱۵/۳۱ ns	۴۱/۲۳ **
سطوح مختلف کودی(f)	۲	۵۸۴۱۱/۱۱ ns	۸۱/۷۳ **	۰/۳۴ *	۳۰۹/۶۹ ns	۱۹/۲۰ **
(m×tb)	۱	۱۱۹۹۰۲۵/۰۰**	۷۲/۲۵ *	۰/۸۴ **	۲۴۶۴۱/۲۲ **	۱/۵۱ ns
(m×f)	۲	۲۱۴۴/۴۴ ns	۳۳۰/۲۹ **	۱/۹۱ **	۸۹/۵۴ ns	۰/۱۳ ns
(tb×f)	۲	۵۸۳۳/۳۳ ns	۸۲۳/۵۰ **	۱/۴۱ **	۷۸/۱۶ ns	۱/۵۷ ns
(m×tb×f)	۲	۴۴۳۳/۳۳ ns	۱۵۸۱/۹۵ **	۰/۳۰ *	۳۰۸/۱۴ ns	۵/۴۸ **
خطا	۲۲	۴۰۲۴۹/۷۴	۱۳/۴۹	۰/۰۷	۷۲۶/۰۲	۰/۸۲

ns، * و ** به ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌دار بودن و معنی‌دار بودن در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

بیشترین عملکرد متعلّق به ترکیب تیماری کاربرد قارچ میکوریزا و عدم تلقیح باکتری تیوباسیلوس (۳۲۹۷/۷۷ کیلوگرم در هکتار) بود که نسبت به شاهد افزایش ۴۲/۹۶ درصدی را نشان

می‌دهد (شکل ۵-۸). همچنین در تیمار کاربرد قارچ میکوریزا و تلقیح باکتری تیوباسیلوس، عملکرد نسبت به شاهد ۳۲/۴۱ درصد افزایش یافت و به ۳۰۵۴/۴۴ کیلوگرم در هکتار رسید که در جایگاه دوّم میزان عملکرد قرار گرفت. سوبرامانیان و همکاران (۱۹۹۷) نیز افزایش عملکرد دانه در گیاه ذرت تلقیح شده با مایکوریزا را گزارش کرده‌اند. مایکوریزا از طریق افزایش وزن هزار دانه، تعداد دانه و کاهش میزان پوکی دانه طبق، باعث افزایش عملکرد آفتابگردان شد (جمشیدی و همکاران، ۱۳۸۷).



شکل ۵-۸- اثرات متقابل قارچ میکوریزا و باکتری تیوباسیلوس بر عملکرد کنجد

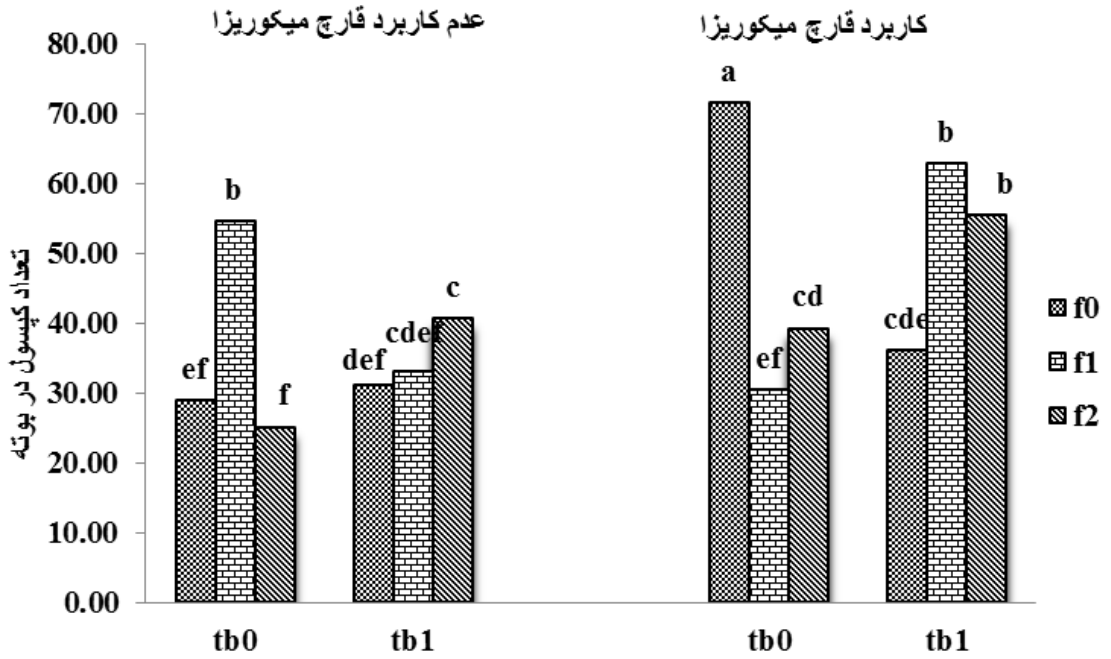
m= تیمار میکوریزا (m1= کاربرد و m0= عدم کاربرد) و tb= تیمار تیوباسیلوس (tb1= تلقیح و tb0= عدم تلقیح)

۵-۲-۲- تعداد کپسول در بوته

تجزیه واریانس داده‌ها تأثیر معنی‌داری را برای غالب منابع تغییر در جدول تجزیه واریانس از لحاظ تعداد کپسول در بوته نشان داد (جدول ۵-۳). در بررسی اثر متقابل سه‌گانه قارچ میکوریزا، باکتری تیوباسیلوس و سطوح مختلف کودی مشخص شد که تیمار کاربرد قارچ میکوریزا، عدم تلقیح

باکتری تیوباسیلوس و سطح صفر کودی ($m_1tb_0f_0$) نسبت به تیمار شاهد افزایش ۱۴۷/۳۶ درصدی را نمایش می‌دهد(شکل ۵-۹).

کودهای شیمیایی دارای اثرات متنوعی بر همزیستی AM و قارچ‌های مایکوریزا هستند (ابوت و رابسون، ۱۹۹۱؛ سیلویا و نیل، ۱۹۹۰). به نظر می‌رسد که این اثرات در سطوح پایین و متوسط کودهای شیمیایی توسط گیاه اعمال شده ولی در سطوح بالا توسط خاک اعمال می‌شود. کلونیزاسیون ریشه در مقادیر خیلی بالای کود فسفره می‌تواند کاهش یابد (کویید و لی، ۱۹۹۰). نتایج بدست آمده از مطالعه‌ای در گیاه جو مشخص نمود مصرف کودهای بیولوژیک اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، وزن هزار دانه و تعداد سنبله در متر مربع دارد (ارشادمرادی و همکاران، ۱۳۸۹).



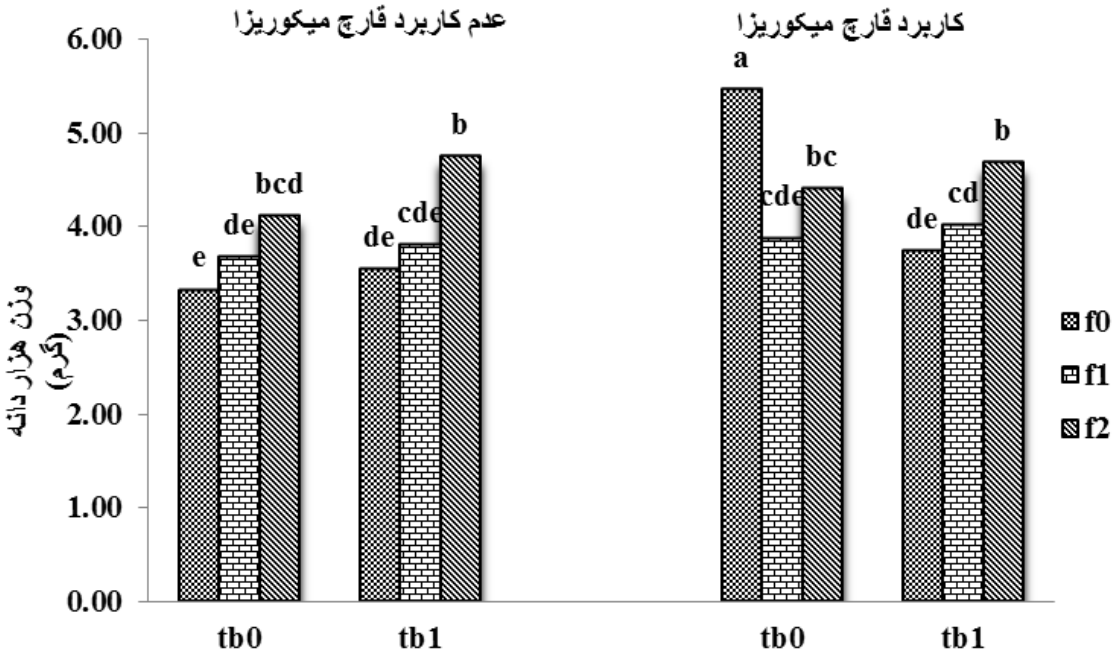
شکل ۵-۹- اثرات متقابل قارچ میکوریزا، باکتری تیوباسیلوس و سطوح کودی مختلف بر تعداد کپسول در بوته کنجد

m= تیمار میکوریزا (m1= کاربرد و m0= عدم کاربرد)، tb= تیمار تیوباسیلوس (tb1= تلقیح و tb0= عدم تلقیح)، f= سطوح مختلف کودی (f0= عدم کاربرد، f1= ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل و f2= f_1 + ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم)

به طور کلی اعتقاد بر این است که کاربرد کودهای بیولوژیک حاوی ریزموجودات باکتریایی و یا قارچی، به تنهایی و یا در ترکیب با یکدیگر، در بهبود ویژگی‌های رشدی و عملکرد گیاه تأثیر مثبت دارد (کوچکی، ۱۳۸۷). از آنجا که عملکرد دانه برآیندی از صفات مختلف گیاهی نظیر وزن هزار دانه، تعداد کپسول در بوته، عملکرد بیولوژیک می‌باشد، بنابراین همزیستی گیاه از طریق افزایش این صفات سبب افزایش عملکرد دانه نسبت به عدم تلقیح می‌گردد (درزی و همکاران، ۱۳۸۸).

۵-۲-۳- وزن هزار دانه

یکی از اجزای بسیار مهم و تأثیرگذار بر عملکرد دانه کنجد وزن هزار دانه آن می‌باشد (کانداسامی و همکاران، ۱۹۹۰). نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که به جز تأثیر ساده باکتری تیوباسیلوس، کلیه اثرات ساده و متقابل تیمارها بر این صفت معنی‌دار است (جدول ۵-۳).



شکل ۵-۱۰- اثرات متقابل قارچ میکوریزا، باکتری تیوباسیلوس و سطوح کودی مختلف بر وزن هزار دانه کنجد

m= تیمار میکوریزا (m1= کاربرد و m0= عدم کاربرد)، tb= تیمار تیوباسیلوس (tb1= تلقیح و tb0= عدم تلقیح)، f= سطوح مختلف کودی (f0= عدم کاربرد، f1= ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل و f2= f_1 + ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم)

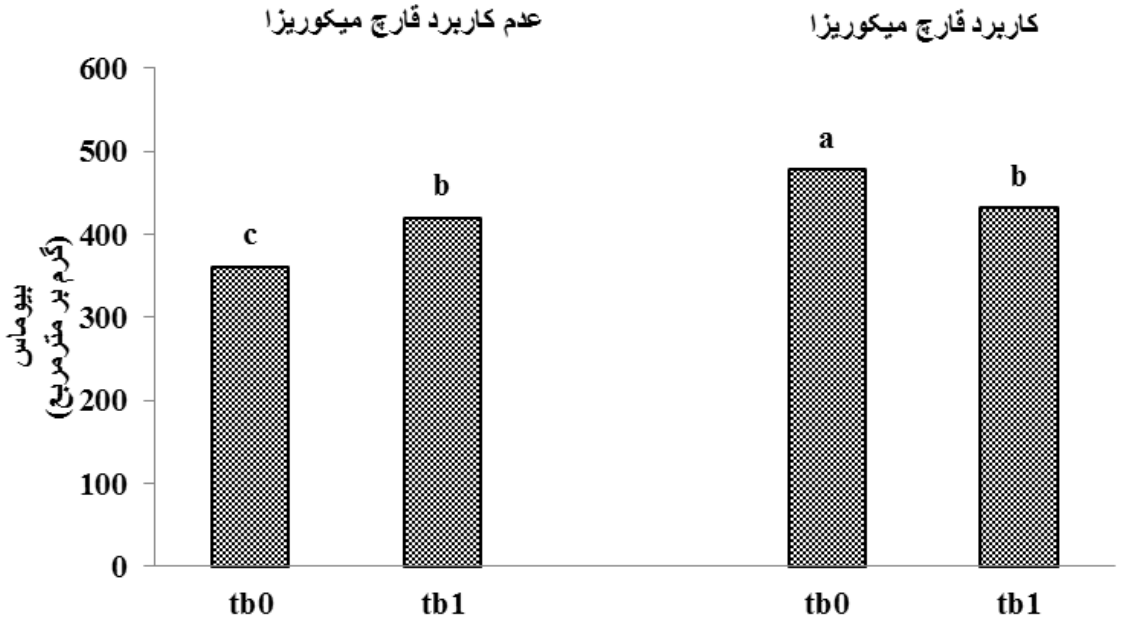
مقایسه میانگین اثرات متقابل قارچ میکوریزا، باکتری تیوباسیلوس و سطوح کودی نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه مربوط به تیمار $m_1tb_0f_0$ (۵/۴۶ گرم) بود که نسبت به تیمار شاهد (۳/۳۳ گرم) افزایش ۶۳/۹۶ درصدی را نشان می‌دهد (شکل ۵-۱۰). در همزیستی قارچ میکوریزا، عناصر غذایی توسط هیف جذب و به ریشه گیاه منتقل می‌شود که سبب بهبود تغذیه و رشد گیاهان می‌شود (اسمیت و راد، ۲۰۰۸؛ پارنیسک، ۲۰۰۸). آلوش و همکاران (۲۰۰۰) نشان دادند که در گیاه نخود، تلقیح با میکوریزا سبب افزایش تعداد گره ریشه، محتوای فسفر اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی و عملکرد دانه نسبت به شاهد شده است. بین ترکیبات تیماری $m_0tb_1f_2$ و $m_0tb_1f_2$ که از نظر میزان وزن هزار دانه در جایگاه دوم قرار دارند تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.

احمدی (۱۳۸۸) دریافت که درصورت عدم استفاده از کودهای گوگردی اضافه کردن باکتری تیوباسیلوس به خاک موجب افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته کنجد در مقایسه با عدم کاربرد باکتری می‌شود اما در صفات دیگر نظیر وزن خشک، اندام هوایی، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و درصد روغن تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. این در حالی است که مصرف گوگرد به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار همراه با مایه تلقیح تیوباسیلوس باعث افزایش صفاتی چون طول بوته، وزن خشک اندام هوایی، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و درصد روغن گردیده است.

۵-۲-۴- بیوماس کنجد

بیوماس یا عملکرد بیولوژیک گیاه در واقع کل ماده خشک و شامل وزن ریشه‌ها نیز می‌شود اما از آنجا که معمولاً ریشه‌ها قابل برداشت نیستند، این واژه به وزن اندام هوایی اطلاق می‌گردد. عملکرد بیولوژیک تحت تأثیر عوامل آب و هوایی، خاک و گیاه قرار دارد. با افزایش ماده خشک کل

عملکرد اقتصادی می‌تواند افزایش یابد (هاشمی دزفولی و همکاران، ۱۳۷۵). نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر ساده قارچ میکوریزا و اثر متقابل دوگانه قارچ میکوریزا و باکتری تیوباسیلوس بر بیوماس معنی‌دار است (جدول ۵-۳). بالاترین میزان بیوماس با ۴۷۷/۷۵ گرم در مترمربع در تیمار کاربرد قارچ میکوریزا و عدم تلقیح باکتری تیوباسیلوس (m_1tb_0) مشاهده گردید که نسبت به شاهد افزایش ۳۲/۱۷ درصدی را نشان می‌دهد (شکل ۵-۱۱).



شکل ۵-۱۱- اثرات متقابل قارچ میکوریزا و باکتری تیوباسیلوس بر بیوماس کنجد

m= تیمار میکوریزا (m1= کاربرد و m0= عدم کاربرد) و tb= تیمار تیوباسیلوس (tb1=تلقیح و tb0= عدم تلقیح)

در گزارش میرزاخانی و همکاران (۱۳۸۹) عنوان شده است که تلقیح با ازتوباکتر و مایکوریزا، بر اجزای عملکرد گلرنگ اثر معنی‌داری نشان دادند زیرا که کود بیولوژیک با تثبیت نیتروژن اتمسفر و افزایش فسفر قابل دسترس در خاک جذب عناصر را برای گلرنگ فراهم می‌کند. نتایج این بررسی با نتایج کوچکی و همکاران (۱۳۸۷) که بیان نمودند که کودهای بیولوژیک حاوی باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن مانند قارچ مایکوریزا، سوپر نیتروپلاس، مایه تلقیح حاوی باکتری‌های حل‌کننده

فسفات‌های نامحلول و نیتروکسین نقش مفید و مؤثری در بهبود ویژگی‌های رشد، عملکرد اندام‌های هوایی و خصوصیات کیفی گیاه دارویی زوفا نقش دارند همخوانی دارد. در مطالعه شفاعتی و همکاران (۱۳۸۹) نیز بیان شده است که مصرف باکتری‌های محرک رشد در همه صفات جو به جز صفت تعداد دانه در سنبله از نظر آماری تأثیر معنی‌داری داشته است.

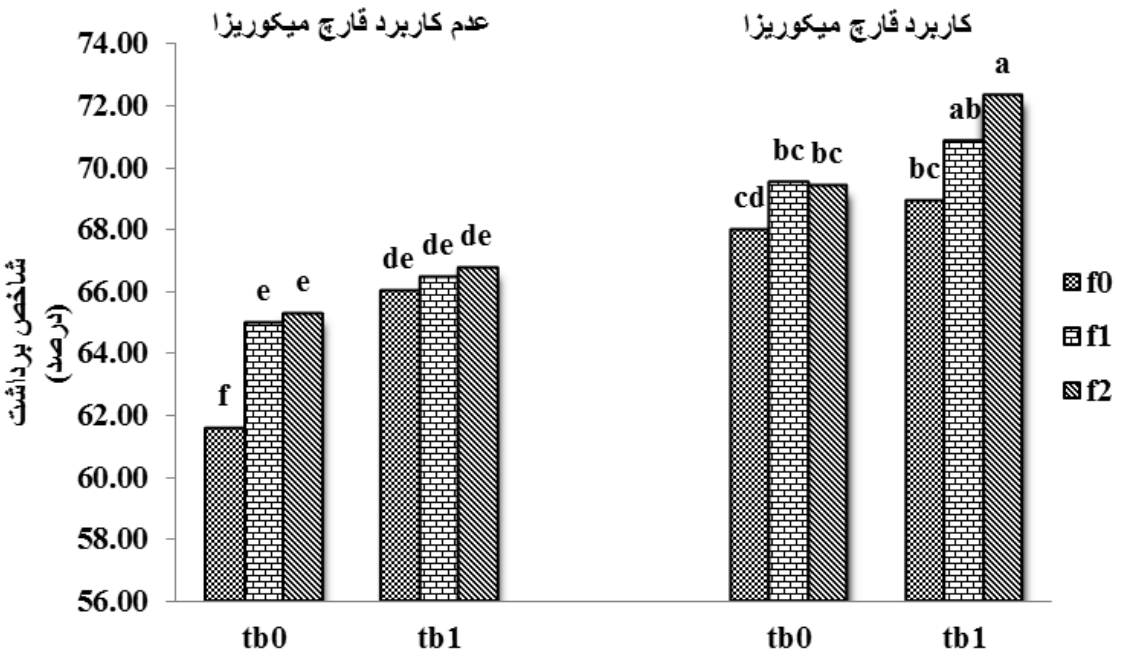
۵-۲-۵- شاخص برداشت

در سال ۱۹۱۴، بیون کارایی تولید دانه را به عنوان یک شاخص مطرح نمود و این شاخص، ضریب انتقال نام گرفت. او انتقال را به صورت نسبی از ماده خشک تمامی گیاه، به جز ریشه که در دانه تجمع می‌یابد تعریف نمود. این ضریب اکنون به صورت گسترده‌ای به عنوان شاخص برداشت شناخته شده است (دونالد، ۱۹۶۲). بین عملکرد دانه کنجد با شاخص برداشت ارتباط متقابل وجود دارد (هاشمی دزفولی و همکاران، ۱۳۷۵).

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده کلیه تیمارها و تنها اثر متقابل سه‌گانه آنها بر این صفت معنی‌داری است (جدول ۵-۳). بالاترین شاخص برداشت در تیمار کاربرد قارچ میکوریزا، تلقیح باکتری تیوباسیلوس و سطح سوم کودی ($m_1tb_1f_2$) با مقدار ۷۲/۳۵ مشاهده گردید (شکل ۵-۱۲).

مهمترین عامل درافزایش رشد گیاهان میکوریزی توانایی آنها در جذب بیشتر عناصر غذایی بویژه فسفر از خاک و انتقال آن به گیاه می‌باشد (مدینا و همکاران، ۱۹۹۸). به نظر می‌رسد که کاربرد گوگرد و تیوباسیلوس توانستند با افزایش رشد و نمو گیاه واختصاص مواد فتوسنتزی به دانه سبب بالا رفتن شاخص برداشت ونهایتاً افزایش عملکرد دانه کنجد گردند. فراهمی گوگرد در گیاه می‌تواند بر پر شدن بیشتر دانه و افزایش عملکرد اقتصادی آن تأثیرگذار باشد (فلاویو و همکاران، ۲۰۰۷). اثرات

سینرژیستی قارچ و باکتری موجب فراهمی عناصر مورد نیاز و در نتیجه رشد بهتر و بیشتر گیاه در مقایسه با تیمار شاهد می‌گردد (لوکی‌ویتید و سیمانون‌گالیت، ۲۰۰۲). نتایج مشابهی مبنی بر افزایش خصوصیات کمّی و کیفی سویا تحت کاربرد قارچ میکوریزا و باکتری ریزوبیوم ارائه شده است (شیرانی و همکاران، ۱۳۷۹).



شکل ۵-۱۲- اثرات متقابل قارچ میکوریزا، باکتری تیوباسیلوس و سطوح کودی مختلف بر شاخص برداشت بوته کنجد

m= تیمار میکوریزا (m1= کاربرد و m0= عدم کاربرد)، tb= تیمار تیوباسیلوس (tb1= تلقیح و tb0= عدم تلقیح)، f= سطوح مختلف کودی (f0= عدم کاربرد، f1= ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل و f2= f_1 + ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم)

۵-۲-۶- همبستگی صفات عملکرد و اجزای عملکرد

نتایج جدول همبستگی صفات وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد و تعداد کپسول در بوته را نشان می‌دهد (جدول ۵-۴).

جدول ۵-۴- مقادیر ضریب همبستگی بین برخی از صفات مورد مطالعه در گیاه کنجد (n = ۳۶)

صفات	عملکرد	تعداد کپسول بوته	وزن هزار دانه	بیوماس کنجد	شاخص برداشت
عملکرد	۱				
تعداد کپسول بوته	۰/۸۹**	۱			
وزن هزار دانه	۰/۵۵ ns	۰/۵۶ ns	۱		
بیوماس کنجد	۰/۹۷**	۰/۸۹**	۰/۵۵ ns	۱	
شاخص برداشت	۰/۸۱**	۰/۷۲**	۰/۱۴ ns	۰/۷۴**	۱

ns، * و ** به ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌دار بودن و معنی‌دار بودن در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

بیشترین همبستگی بین عملکرد دانه و بیوماس کنجد (r =۰/۹۷ **) مشاهده شد. همچنین همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد و شاخص برداشت نیز مشاهده شد. این نتایج با یافته‌های هاشمی دزفولی و همکاران (۱۳۷۵) و کاظمی و همکاران (۱۳۸۴) هماهنگی دارد.

۵-۳- شاخص های فیزیولوژیکی

۵-۳-۱- شاخص سطح برگ (LAI)

تجزیه واریانس داده‌ها تأثیر معنی‌داری را برای قارچ میکوریزا، باکتری تیوباسیلوس و سطوح مختلف کودی و همچنین اثر متقابل قارچ میکوریزا و سطوح مختلف کودی و اثر متقابل سه‌گانه از نظر شاخص سطح برگ (LAI) را نشان دادند (جدول ۵-۵).

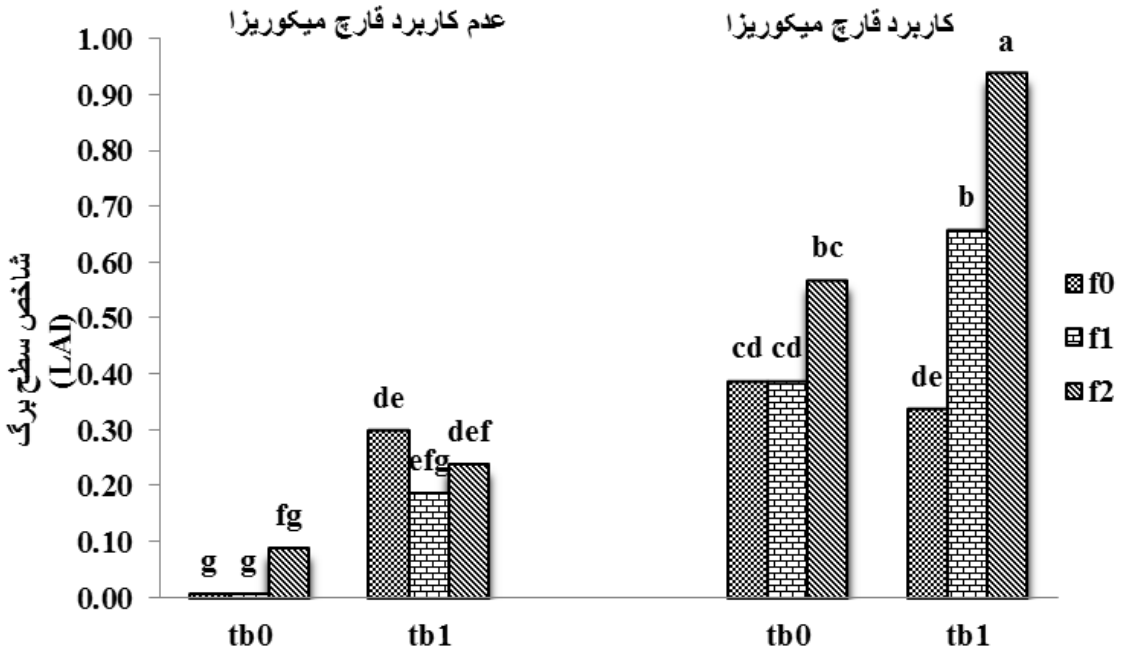
جدول ۵-۵- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در گیاه کنجد

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		شاخص سطح برگ	کلونیزاسیون ریشه
تکرار (r)	۲	۰/۰۱ ns	۶۷/۳۶ *
قارچ مایکوریزا (m)	۱	۱/۵۱ **	۲۸۰۵۶/۲۵ **
باکتری تیوباسیلوس(tb)	۱	۰/۳۷ **	۳۴/۰۲ ns
سطوح مختلف کودی(f)	۲	۰/۱۲ **	۶۰۲/۷۷ **
(m×tb)	۱	۰/۰۱ ns	۰/۶۹ ns
(m×f)	۲	۰/۱۱ **	۴۰۸/۳۳ **
(tb×f)	۲	۰/۰۱ ns	۶۹/۴۴ *
(m×tb×f)	۲	۰/۰۶ **	۴۵۲/۷۷ **
خطا	۲۲	۰/۰۰۶	۱۳/۵۷

ns، * و ** به ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌دار بودن و معنی‌دار بودن در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

در بررسی اثر متقابل سه‌گانه، تیمار کاربرد قارچ میکوریزا و تلقیح باکتری تیوباسیلوس و سطح دوّم کودی ($m_1tb_1f_2$) با ۰/۹۴ بیشترین مقدار و تیمار شاهد با ۰/۰۱ کمترین مقدار را در اواسط مرحله کپسول‌دهی دارا بودند (شکل ۵-۱۳). این افزایش بدلیل برهم‌کنش تیمارها بوده که باعث به تأخیر انداختن زوال برگ در انتهای دوره رشدی گیاه، قبل از برداشت شده است. اسرنی‌واسا و کریشناراج (۱۹۹۲) بیان نمودند که تلقیح توأم قارچ و باکتری، ضمن توسعه قارچ‌های میکوریزا در

خاک ریزوسفر، جذب فسفر و برخی از عناصر کم‌مصرف، عملکرد را نیز افزایش می‌دهد که این افزایش عملکرد وابسته به بسیاری از عوامل از جمله شاخص سطح برگ می‌باشد.



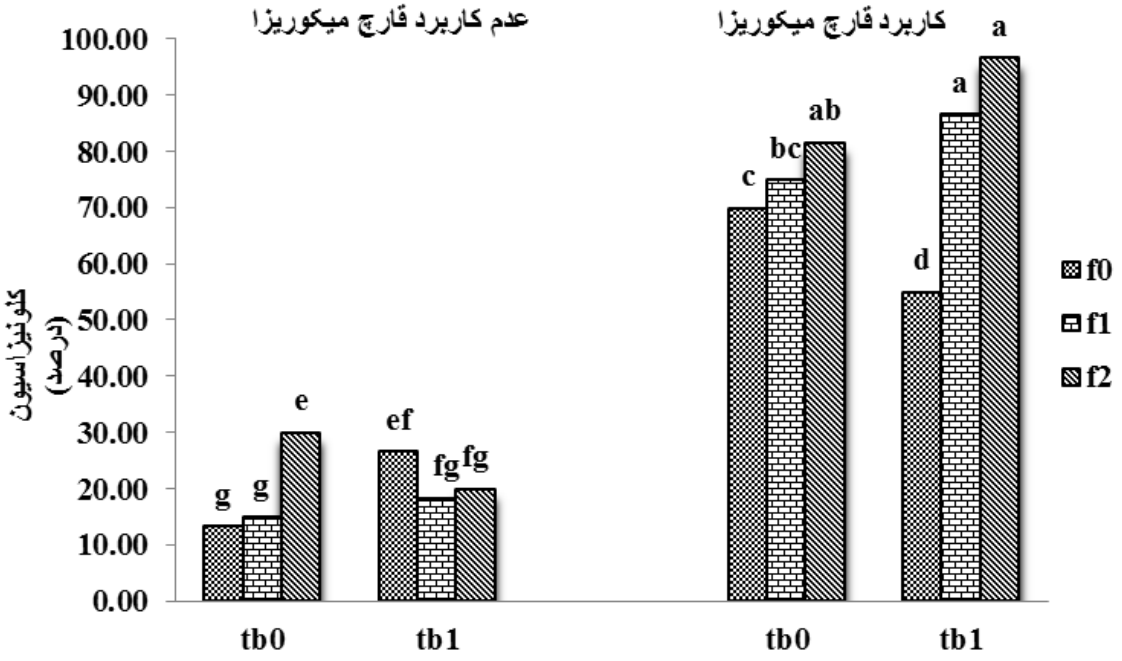
شکل ۵-۱۳- اثرات متقابل قارچ میکوریزا، باکتری تیوباسیلوس و سطوح کودی مختلف بر شاخص سطح برگ کنجد

m= تیمار میکوریزا (m1= کاربرد و m0= عدم کاربرد)، tb= تیمار تیوباسیلوس (tb1= تلقیح و tb0= عدم تلقیح)، f= سطوح مختلف کودی (f0= عدم کاربرد، f1= ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل و f2= f_1 + ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم)

میرزاخانی و همکاران (۱۳۸۹) نیز در مطالعه‌ای کاربرد تلفیقی باکتری و قارچ را بررسی کردند و به این نتیجه رسیدند که عملکرد تیمارها به صورت مشترک در مقایسه با کاربرد جداگانه آنها افزایش معنی‌داری داشته است. کمبود گوگرد سبب ممانعت از سنتز کلروفیل، آنزیم نیتروژناز، گلوتاتیون، فردوکسین، برخی از آنزیم‌های دیگر و در نهایت منجر به کاهش شاخص سطح برگ می‌شود که کاهش میزان عملکرد را نیز شامل می‌شود (سپهر و همکاران،۱۳۸۲).

۵-۳-۲- کلونیزاسیون ریشه

تأثیر تیمارهای مختلف بر کلونیزاسیون ریشه در کنجد، به جز اثر ساده قارچ میکوریزا و اثر متقابل قارچ میکوریزا و باکتری تیوباسیلوس از لحاظ آماری معنی‌دار شدند (جدول ۵-۵). این حالت برای اثرات متقابل سه‌گانه نیز صادق بود. در این بررسی، تیمار کاربرد قارچ میکوریزا، تلقیح باکتری تیوباسیلوس و سطح دو کودی ($m_1tb_1f_2$) با ۹۶/۶۶ درصد بیشترین و تیمار شاهد با ۱۳/۳۳درصد کمترین میزان کلونیزاسیون را نشان داد (شکل ۵-۱۴).



شکل ۵-۱۴- اثرات متقابل قارچ میکوریزا، باکتری تیوباسیلوس و سطوح کودی مختلف بر کلونیزاسیون ریشه کنجد

m= تیمار میکوریزا (m1= کاربرد و m0= عدم کاربرد)، tb= تیمار تیوباسیلوس (tb1= تلقیح و tb0= عدم تلقیح)، f= سطوح مختلف کودی (f0= عدم کاربرد، f1= ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل و f2= f_1 + ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم)

جاکسون و میسون (۱۹۸۴) یافتند بین مقدار فسفر قابل دسترس، کلونیزاسیون ریشه و عملکرد غلاف در بادام زمینی همبستگی مثبت وجود دارد. گیاه میزبان نسبت به قارچ AM در

محدوده‌ای از فسفر واکنش نشان می‌دهد، این واکنش ممکن است در مقادیر بالا و پایین فسفر بازدارنده و در مقادیر متوسط فسفر تحریک کننده باشد (بتلن فالوی۳ و همکاران، ۱۹۸۳). قربانی نصرآبادی و همکاران (۱۳۸۱) اظهار داشتند مصرف توأم قارچ و باکتری در گیاه سویا غلظت عناصر جذب شده در گیاه را نسبت به تلقیح هر یک به تنهایی به طور معنی‌داری افزایش داد که بیان کننده اثر سینرژیستی بود.

جدول ۵-۶- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در گیاه کنجد

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		غلظت روغن	عملکرد روغن
تکرار (r)	۲	۲۵/۴۳.**	۸۲۲/ ۹۵ **
قارچ مایکوریزا (m)	۱	۸۱۸/۶۲**	۲۸۸۳۳/ ۰۴ **
باکتری تیوباسیلوس(tb)	۱	۵/۱۱ ns	۱۳۸/۲۴ ns
سطوح مختلف کودی (f)	۲	۲۹/۱۶**	۶۶۸/۷۱ **
(m×tb)	۱	۳۷۶/۸۱**	۱۰۹۹۳/۲۶ **
(m×f)	۲	۵/۲۳ ns	۲۷/۸۱ ns
(tb×f)	۲	۰/۶۷ ns	۱۹/۰۴ ns
(m×tb×f)	۲	۲/۱۳ ns	۲/۳۸ ns
خطا	۲۲	۳/۸۷	۱۱۱/۸۷

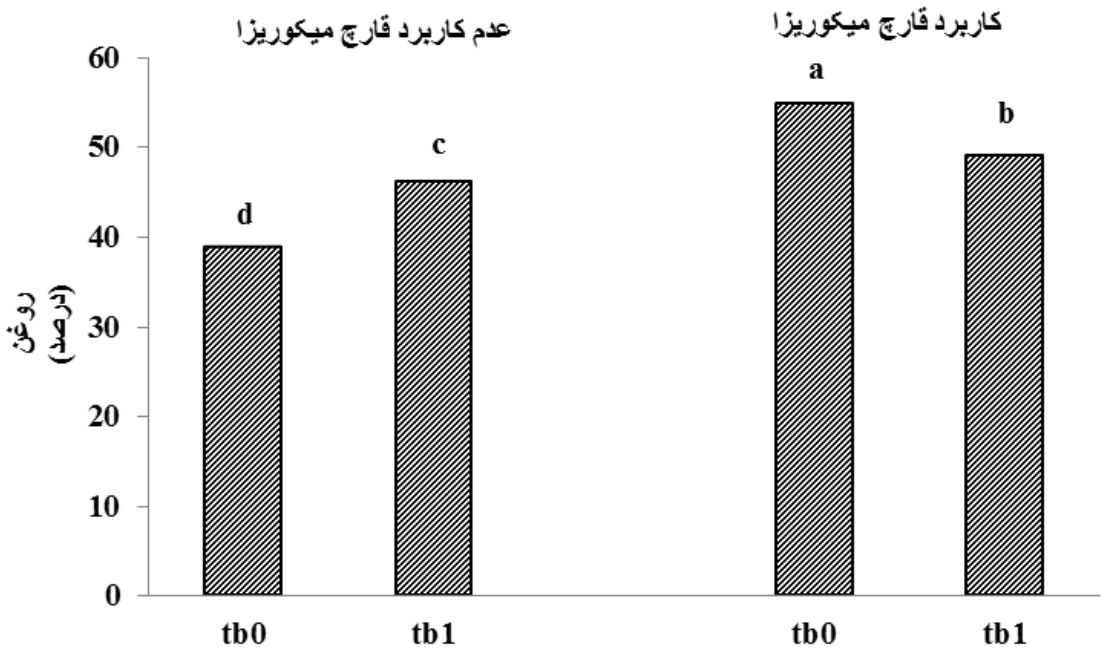
ns، * و ** به ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌دار بودن و معنی‌دار بودن در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

افزایش جذب فسفر توسط گیاهان میکوریزی از طریق حرکت سریع فسفر در هیف‌های میکوریزا روی می‌دهد (بولان، ۱۹۹۱). منبع نیتروژن تحت تأثیر پتاسیم نیز قرار می‌گیرد، و با سایر اثرات از جمله کلونیزاسیون AM و تغذیه فسفر، اثر متقابل دارد (کوپر، ۱۹۸۴). همچنین مصرف کود-های پتاسم تولید اسپور توسط قارچ‌های AM (فورلان و برینز- کاردو، ۱۹۸۹) را بهبود می‌بخشد.

۵-۴- خصوصیات کیفی کنجد

۵-۴-۱- درصد و عملکرد روغن دانه

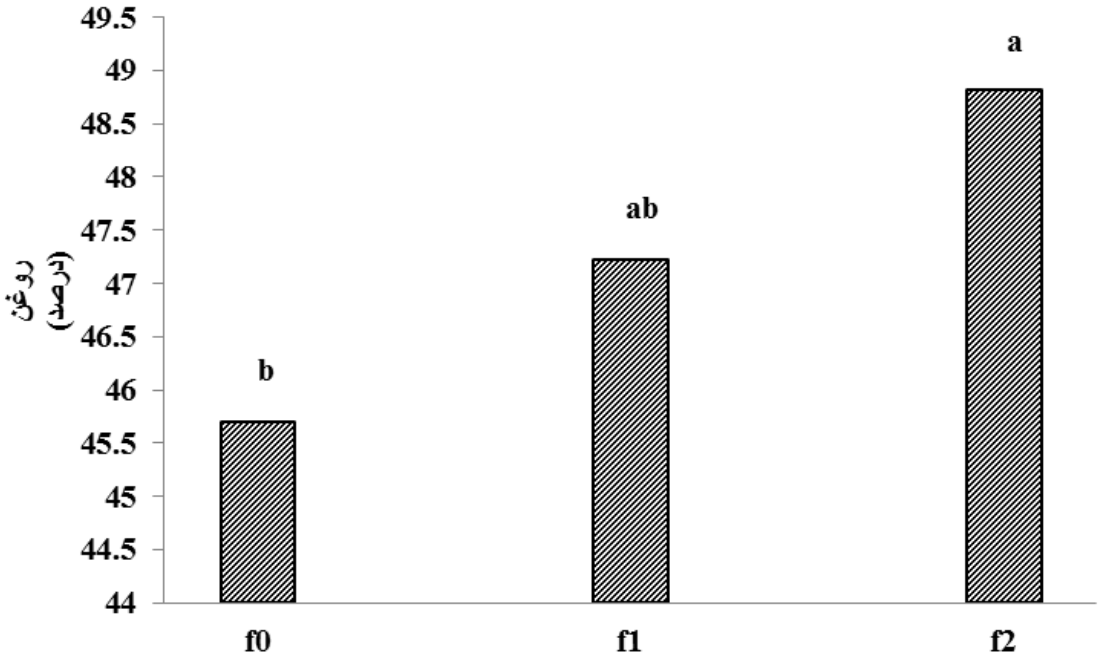
تجزیه واریانس داده‌ها تأثیر معنی‌داری را برای قارچ میکوریزا و سطوح مختلف کودی و همچنین برای اثر متقابل قارچ میکوریزا و باکتری تیوباسیلوس بر درصد و عملکرد روغن نشان دادند (جدول ۵-۶).



شکل ۵-۱۵- اثرات متقابل قارچ میکوریزا و باکتری تیوباسیلوس بر درصد روغن کنجد

m= تیمار میکوریزا (m1= کاربرد و m0= عدم کاربرد) و tb= تیمار تیوباسیلوس (tb1= تلقیح و tb0= عدم تلقیح)

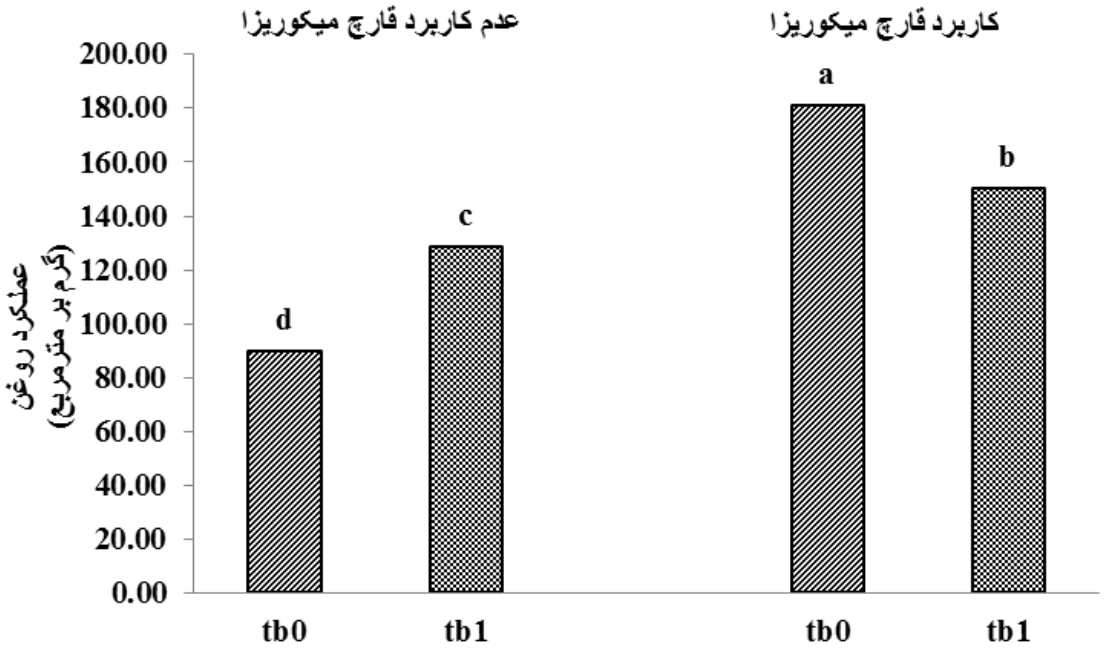
مقایسه میانگین اثر متقابل قارچ میکوریزا و باکتری تیوباسیلوس در سطح یک درصد در برآورد درصد روغن، نشان دهنده برتری تیمار کاربرد قارچ میکوریزا بر عدم تلقیح با باکتری تیوباسیلوس با ۵۴/۸۸ درصد می‌باشد که نسبت به شاهد ۴۱/۱۹ درصد افزایش را نشان می‌دهد (شکل ۵-۱۵). نتایج اثر ساده سطوح کودی بر درصد روغن نشان داد، که سطح دوم کودی دارای بیشترین میزان افزایش درصد روغن با ۴۸/۸۲ درصد بوده است (شکل ۵-۱۶). به نظر می‌رسد که کلونیزاسیون ریشه با قارچ میکوریزا می‌تواند ترکیب روغن و پروتئین دانه را از طریق تغییر در تغذیه عناصر با خارج شدن مواد متابولیکی از گیاه میزبان در واکنش به قارچ میکوریزا تغییر دهد (الکراکی و کلارک، ۱۹۹۹).



شکل ۵-۱۶- مقایسه میانگین سطوح مختلف کودی بر درصد روغن کنجد

f= سطوح مختلف کودی (f0= عدم کاربرد، f1= ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل و f2= f_1 + ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم)

بررسی اثر متقابل قارچ میکوریزا و باکتری تیوباسیلوس بر عملکرد روغن مشخص کرد که تیمار کاربرد قارچ میکوریزا و عدم تلقیح با باکتری تیوباسیلوس (m_1tb_0) افزایش ۱۰۲/۳۱ درصدی نسبت به تیمار شاهد با میزان ۸۹/۴۳ گرم در متر مربع داشته است (شکل ۵-۱۷).



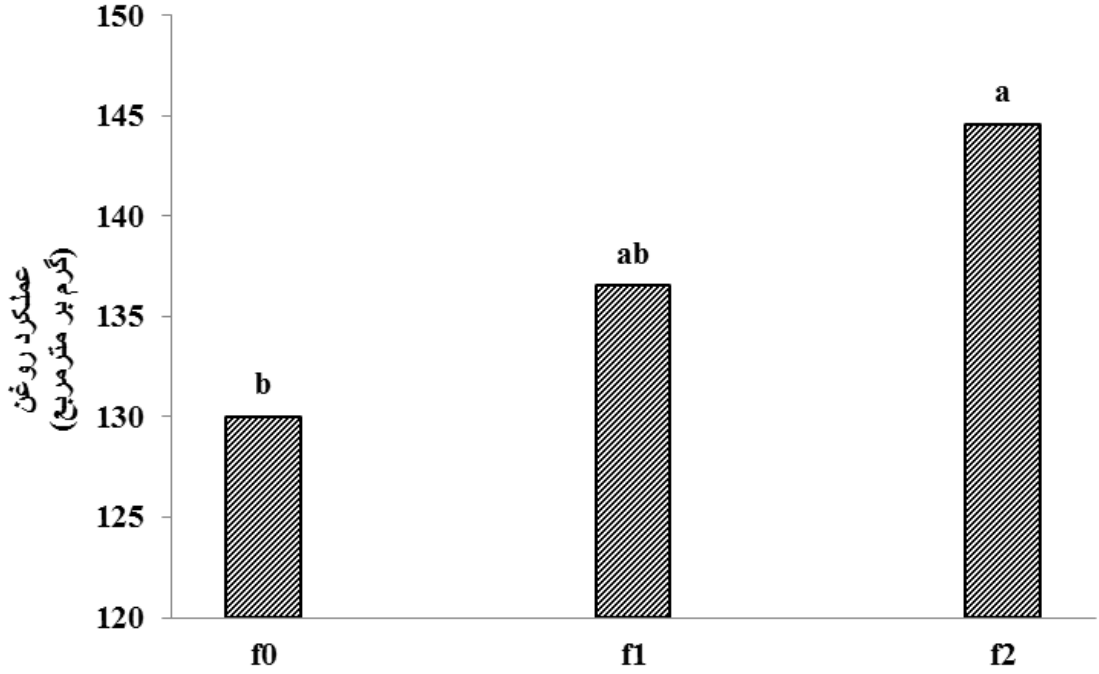
شکل ۵-۱۷- اثرات متقابل قارچ میکوریزا و باکتری تیوباسیلوس بر عملکرد روغن کنجد

m= تیمار میکوریزا (m1= کاربرد و m0= عدم کاربرد) و tb= تیمار تیوباسیلوس (tb1= تلقیح و tb0= عدم تلقیح)

آنتونز و همکاران (۲۰۰۶) و ژانگ و همکاران (۲۰۰۲) و وایس و همکاران (۱۹۹۰) بیان داشتند که در همزیستی سه جانبه بین باکتری، قارچ و گیاه لگوم، گاهی باکتری و قارچ ها اثرات مفید یکدیگر بر گیاه میزبان را تشدید می کنند و گیاه از اثرات سینرژیستی بین آنها سود می برد. این نتایج مورد تأیید میرزاخانی و همکاران (۱۳۸۹) نیز می‌باشد آنها در مطالعه‌ای کاربرد تلفیقی باکتری و قارچ را بررسی کردند و به این نتیجه رسید که عملکرد تیمارها به صورت مشترک در مقایسه با کاربرد جداگانه آنها افزایش معنی‌داری در تثبیت عناصر قابل دسترس در خاک را نشان داد که علت آن احتمالاً بیانگر رابطه تقویت کنندگی (سینرژیستی) آنها در جهت افزایش عملکرد است.

در بررسی اثر ساده سطوح کودی مشخص شد که سطح دوّم کودی (f_2) در مقایسه با دو سطح دیگر تفاوت معنی‌داری را در عملکرد روغن نشان می‌دهد (شکل ۵-۱۸). سطح دوّم کودی باعث تولید ۱۴۴/۵۹ گرم در متر مربع روغن می‌شود که نسبت به سطح صفر کودی یا عدم مصرف کود

شیمیایی، ۱۱/۱۸ درصد افزایش را نشان می‌دهد. این افزایش احتمالاً بدلیل وجود سطوح مختلف کودی بود. ین و وین (۲۰۰۳ و ۲۰۰۵) نیز در تحقیقات خود به نتایج مشابهی دست یافتند.



شکل ۵-۱۸- مقایسه میانگین سطوح مختلف کودی بر درصد روغن کنجد

f= سطوح مختلف کودی (f0= عدم کاربرد، f1= ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل و f2= f_1 + ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم)

همچنین ماوریا و همکاران (۲۰۰۵) طی آزمایشی بر روی سطوح کودی به این نتیجه رسیدند که افزایش کود شیمیایی تا یک حد مشخص باعث افزایش شاخص‌های گیاه مورد نظر می‌شود. ابراهیم‌زاده (۱۳۸۰) بیان نمود که برای انجام صحیح فرآیندهای متابولیسمی، عناصری نیاز است که این نیاز توسط کودهای شیمیایی برآورده می‌شود.

۵-۴-۲- درصد و عملکرد پروتئین دانه

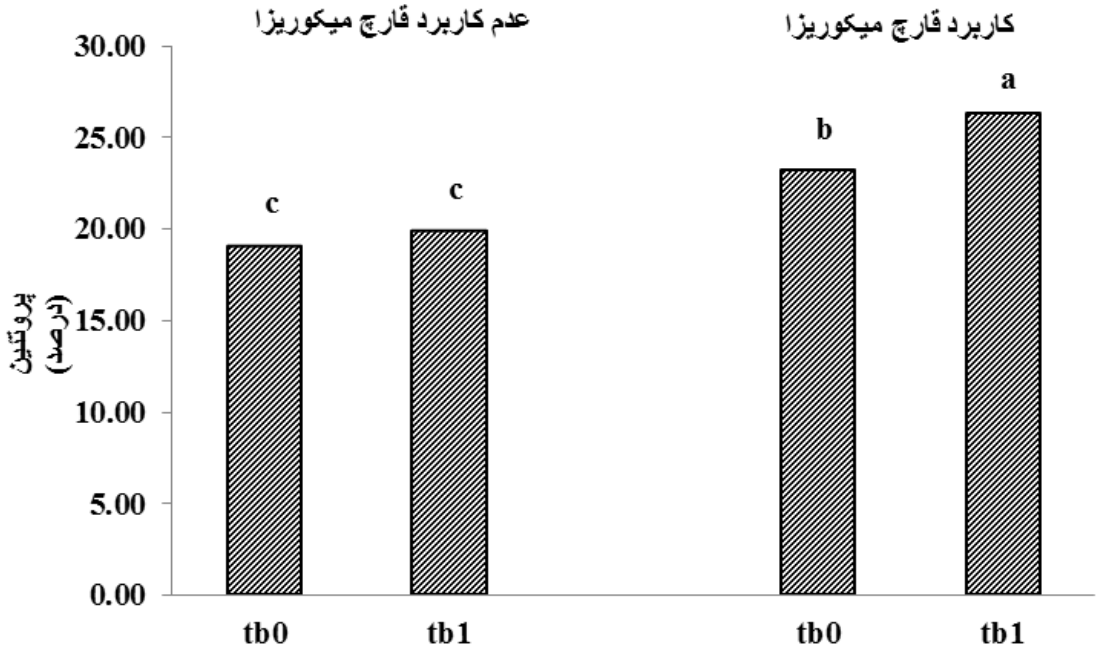
تجزیه واریانس داده‌ها تأثیر معنی‌داری را برای قارچ میکوریزا، باکتری تیوباسیلوس، سطوح مختلف کودی و همچنین اثر متقابل قارچ میکوریزا و باکتری تیوباسیلوس بر درصد پروتئین و تأثیر معنی‌داری را برای اثرات ساده قارچ میکوریزا، باکتری تیوباسیلوس و سطوح مختلف کودی بر عملکرد پروتئین نشان دادند (جدول ۵-۷).

جدول ۵-۷- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در گیاه کنجد

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات	
		غلظت پروتئین	عملکرد پروتئین
تکرار (r)	۲	۲۳/۲۳ **	۸۴۰/۳۵**
قارچ مایکوریزا (m)	۱	۲۰۸/۰۳ **	۶۵۳۷/ ۵۶**
باکتری تیوباسیلوس(tb)	۱	۵۵/۹۵ **	۸۱۷/۵۳**
سطوح مختلف کودی (f)	۲	۸/۹۱ *	۱۷۵/۰۵*
(m×tb)	۱	۲۳/۷۸ **	۴۰/۵۰ ns
(m×f)	۲	۴/۸۵ ns	۳۸/۵۱ ns
(tb×f)	۲	۵/۲۵ ns	۳۳/۰۷ ns
(m×tb×f)	۲	۶/۸۹ ns	۴۲/۶۶ ns
خطا	۲۲	۲/۱۵	۳۴/۹۴

ns، * و ** به ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌دار بودن و معنی‌دار بودن در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

مقایسه میانگین اثرات متقابل قارچ میکوریزا و باکتری تیوباسیلوس در سطح یک درصد بررسی شد (شکل ۵-۱۹). در این بررسی کاربرد قارچ میکوریزا به همراه تلقیح باکتری تیوباسیلوس، بیشترین مقدار درصد پروتئین را با ۲۶/۳۱ درصد به خود اختصاص داده است که نسبت به شاهد (۱۹/۰۰ درصد) ۳۸/۴۷ درصد افزایش را شاهد بودیم. الحبش و همکاران (۲۰۰۷) در بررسی کودهای بیولوژیک نیز به این تأثیر مثبت این کودها بر درصد روغن و پروتئین دانه اذعان نمودند.

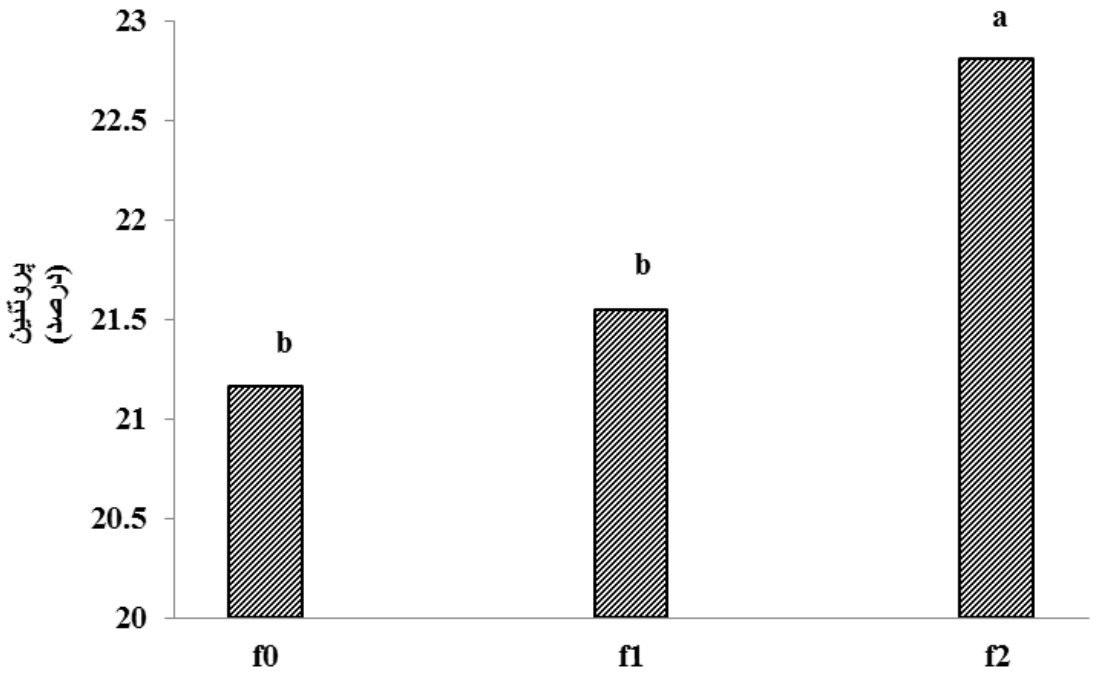


شکل ۵-۱۹- اثرات متقابل قارچ میکوریزا و باکتری تیوباسیلوس بر درصد پروتئین کنجد

m= تیمار میکوریزا (m1= کاربرد و m0= عدم کاربرد) و tb= تیمار تیوباسیلوس (tb1= تلقیح و tb0= عدم تلقیح)

اثر ساده سطوح کودی، بطوریکه در شکل ۵-۲۰ آورده شده است نشان داد که سطح ۲ کودی بیشترین تاثیر را در افزایش درصد پروتئین داشته است. نتایج مشابهی توسط کموتا و همکاران (۲۰۰۴) مبنی بر افزایش جذب ازت در تلقیح توأم قارچ میکوریزا و باکتری ریزوبیوم در گیاه سویا گزارش شده است. اثرات مثبت کاربرد گوگرد به تنهایی یا در ترکیب با باکتری‌های اکسیدکننده آن در افزایش پروتئین دانه احتمالاً ناشی از افزایش محتوای سولفات خاک از طریق اکسیداسیون طبیعی

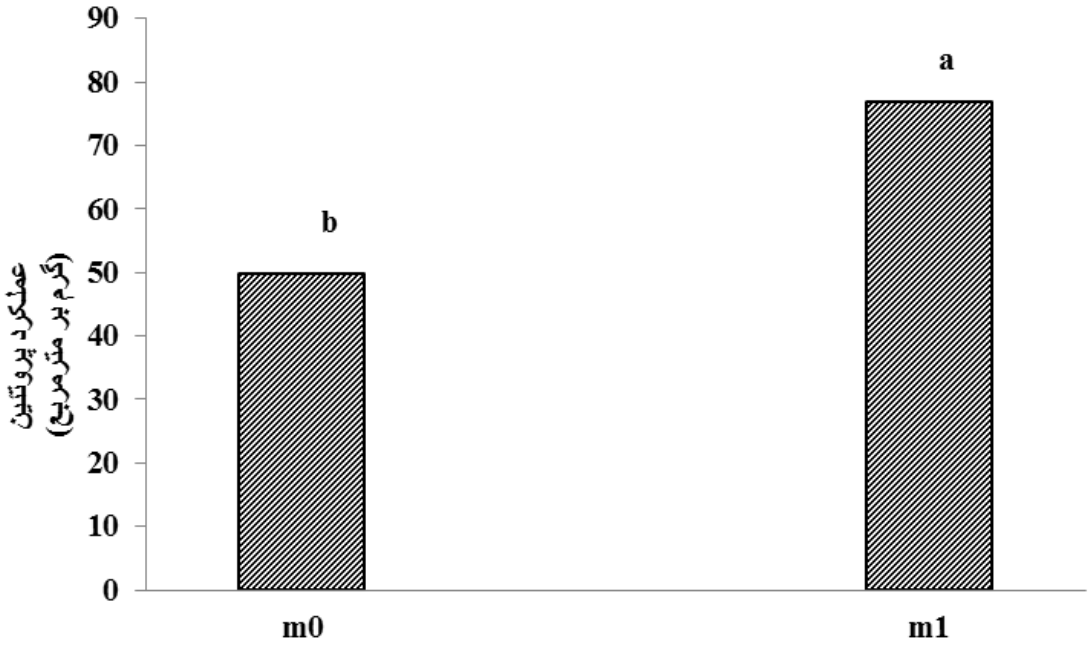
گوگرد عنصری می‌باشد. کاربرد باکتری اکسیدکننده گوگرد و برخی از قارچ‌ها موجب افزایش عملکرد و پروتئین دانه گندم و سویا گردید (شیند و همکاران، ۱۹۹۶ ای؛ شیند و همکاران، ۱۹۹۶بی).



شکل ۵-۲۰- مقایسه میانگین سطوح مختلف کودی بر درصد پروتئین کنجد

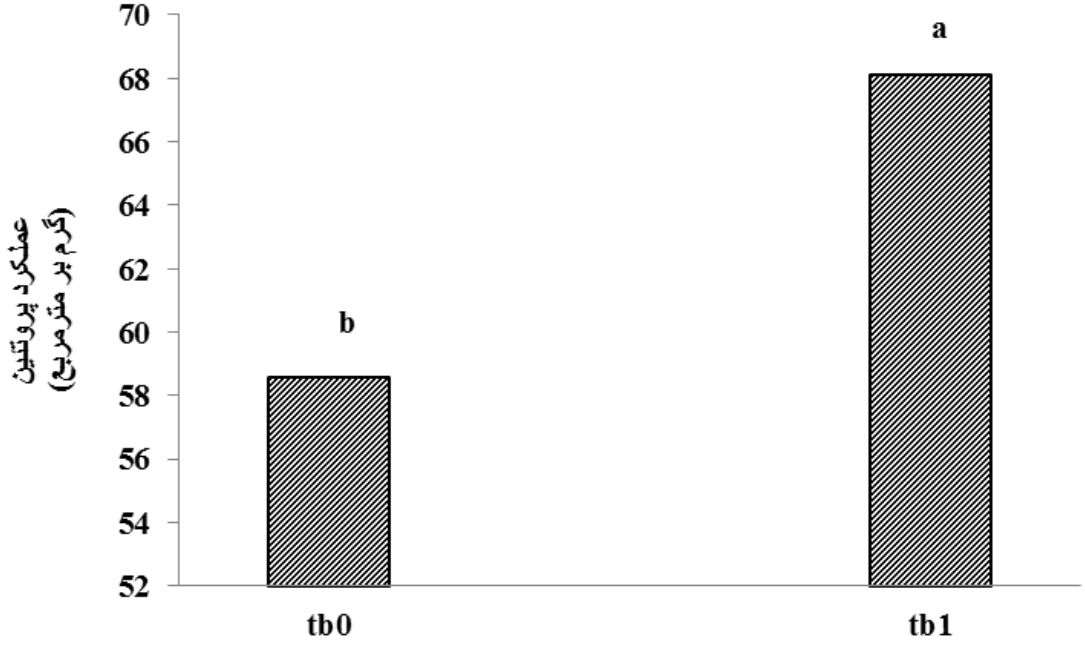
f= سطوح مختلف کودی (f0= عدم کاربرد، f1= ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل و f2= f_1 + ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم)

در بررسی اثرات ساده تیمارها مشخص شد که تیمار قارچ میکوریزا و باکتری تیوباسیلوس در سطح یک درصد و سطوح کودی در سطح ۵ درصد تأثیر معنی‌داری را بر عملکرد پروتئین به جای گذاردند (جدول ۵-۷). در تیمار قارچ میکوریزا مشخص شد که کاربرد قارچ میکوریزا در مقایسه با عدم کاربرد آن تفاوت معنی‌داری را در عملکرد پروتئین سبب شده است (شکل ۵-۲۱). احتمالاً اثرات مفید میکوریزا بر رشد گیاه غالباً با افزایش جذب مواد غذایی مرتبط است، خصوصاً فسفر که در پروتئین سازی شرکت می‌کند (بولان، ۱۹۹۱).



شکل ۵-۲۱- مقایسه میانگین عملکرد پروتئین برای شرایط استفاده و عدم استفاده از قارچ میکوریزا

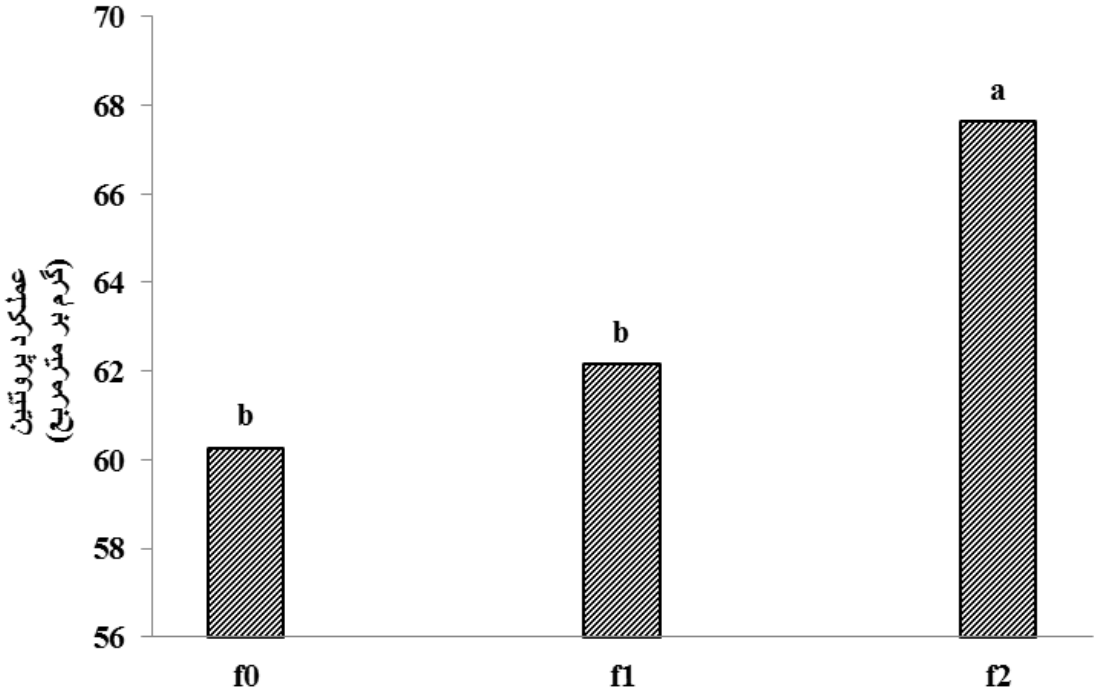
m= تیمار میکوریزا (m1= کاربرد و m0= عدم کاربرد)



شکل ۵-۲۲- مقایسه میانگین عملکرد پروتئین برای شرایط استفاده و عدم استفاده از باکتری تیوباسیلوس

tb= تیمار تیوباسیلوس (tb1= تلقیح و tb0= عدم تلقیح)

در بررسی اثر ساده تیمار باکتری تیوباسیلوس مشخص شد که تلقیح باکتری تیوباسیلوس در مقایسه با عدم تلقیح آن تأثیر متفاوتی را به جای گذارده است (شکل ۵-۲۲). ایرانی پور و همکاران (۱۳۸۴) در آزمایشی اثر کاربرد گوگرد و تیوباسیلوس را مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که تیوباسیلوس به تنهایی موجب افزایش میزان پروتئین شده است.



شکل ۵-۲۳- مقایسه میانگین سطوح مختلف کودی بر عملکرد روغن کنجد

f= سطوح مختلف کودی (f0= عدم کاربرد، f1= ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل و f2= f_1 + ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم)

در بررسی اثر ساده سطوح کودی، سطح دوّم کودی در مقایسه با دو سطح دیگر تفاوت معنی‌داری را نشان می‌دهد (شکل ۵-۲۳). سطح دوّم کودی نسبت به سطح صفر کودی یا عدم مصرف کود شیمیایی (۶۰/۲۸ گرم در متر مربع) به میزان ۱۲/۱۹ درصد افزایش را نشان می‌دهد (شکل ۵-۲۳). ابراهیم‌زاده (۱۳۸۰) بیان نمود که برای انجام صحیح فرآیندهای متابولیسمی، عناصری به صورت اکسیده یا احیاء شده، معدنی یا آلی جهت تأمین ماده و انرژی نیازمند است که این نیاز توسط

کودهای شیمیایی برآورده می‌شود. طی آزمایشی که توسط ماوریا و همکاران (۲۰۰۵) انجام گرفت سطوح کودی مختلف بررسی گردید که بیشترین مقدار کود شیمیایی، بیشترین درصد افزایش را سبب شد.

جدول ۵-۸- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در گیاه کنجد

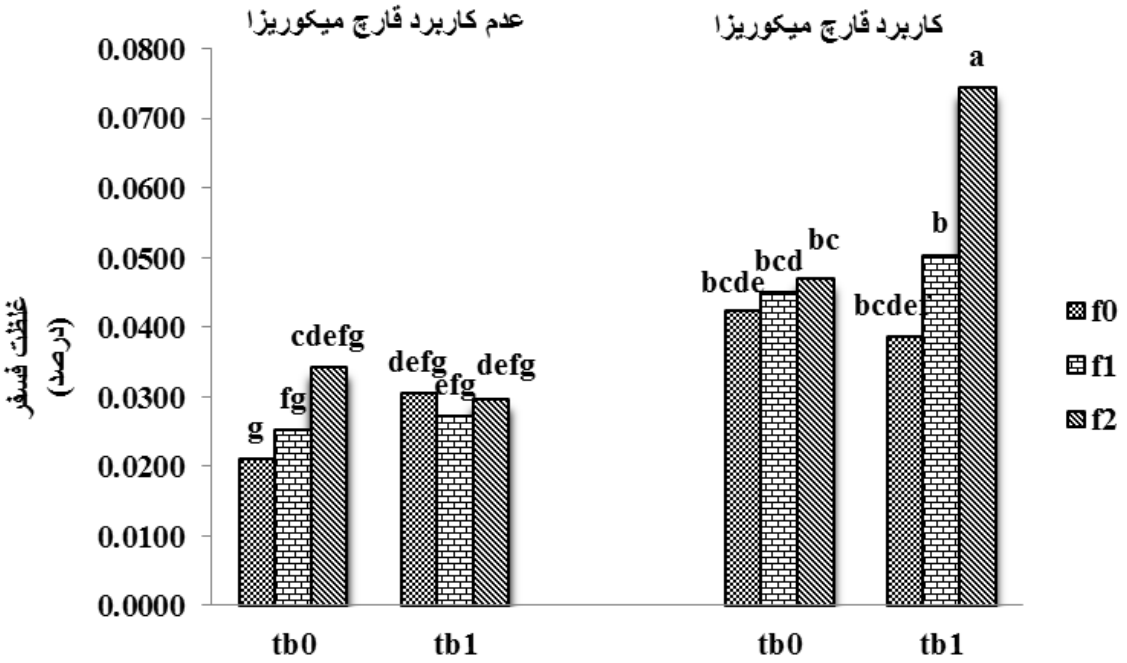
منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		غلظت فسفر	غلظت پتاسیم	غلظت نیتروژن	غلظت گوگرد
تکرار (r)	۲	۰/۰۰۰۶۶۱ **	۰/۰۰۰۰۰۶ ns	۰/۸۲**	۶۲/۲۴**
قارچ مایکوریزا (m)	۱	۰/۰۰۴۲۲۵ **	۰/۰۰۰۰۲۱ ns	۷/۴۰**	۱۰۷/۲۷ **
باکتری تیوباسیلوس(tb)	۱	۰/۰۰۰۳۲۳ ns	۰/۰۰۰۰۲۱ ns	۰/۰۱ ns	۵۲۱/۹۴ **
سطوح مختلف کودی (f)	۲	۰/۰۰۰۵۵۵ **	۰/۰۰۰۰۰۷ ns	۱/۲۲ **	۹۷/۶۶ **
(m×tb)	۱	۰/۰۰۰۱۲۲ ns	۰/۰۰۰۰۶۱**	۰/۹۶**	۵/۹۲ ns
(m×f)	۲	۰/۰۰۰۱۵۱ ns	۰/۰۰۰۰۰۵ ns	۰/۴۷ **	۴/۱۸ ns
(tb×f)	۲	۰/۰۰۰۰۶۶ ns	۰/۰۰۰۰۱۳ ns	۰/۱۲ ns	۷/۹۹ ns
(m×tb×f)	۲	۰/۰۰۰۳۹۵ *	۰/۰۰۰۰۵۱**	۰/۰۳ ns	۳۵/۸ **
خطا	۲۲	۰/۰۰۰۰۹	۰/۰۰۰۰۰۵	۰/۰۷	۳/۵۴

ns، * و ** به ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌دار بودن و معنی‌دار بودن در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

۵-۴-۳- غلظت عناصر دانه

۵-۴-۳-۱- فسفر

غلظت یک عنصر در گیاه همیشه معیار مطمئنی برای افزایش جذب نیست. وقتی رشد گیاه افزایش پیدا می‌کند، به دلیل رقیق شدن، ممکن است غلظت یک عنصر در گیاه افزایش قابل ملاحظه‌ای نیابد و حتی گاهی نسبت به شاهد کاهش یابد (علی‌اصغرزاده و صالح راستین، ۱۳۸۲). تجزیه واریانس داده‌ها تأثیر معنی‌داری را بر اثر متقابل سه‌گانه تیمارها از لحاظ غلظت عنصر فسفر نشان دادند (جدول ۵-۸). در این بررسی مشخص گردید که تیمار کاربرد قارچ میکوریزا، تلقیح باکتری تیوباسیلوس و سطح دوم کودی با ۰/۰۷۴۵ درصد دارای بیشترین مقدار غلظت فسفر است که نسبت به تیمار عدم کاربرد قارچ میکوریزا، عدم تلقیح باکتری تیوباسیلوس و عدم کاربرد کود شیمیایی، افزایش ۲۵۳/۰۸ درصدی را نشان می‌دهد (شکل ۵-۲۴).



شکل ۵-۲۴- اثرات متقابل قارچ میکوریزا، باکتری تیوباسیلوس و سطوح کودی مختلف بر غلظت فسفر کنجد

m= تیمار میکوریزا (m1= کاربرد و m0= عدم کاربرد)، tb= تیمار تیوباسیلوس (tb1= تلقیح و tb0= عدم تلقیح)، f= سطوح مختلف کودی (f0= عدم کاربرد، f1= ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل و f2= f_1 + ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم)

منج (۱۹۸۳)، ابوت و همکاران (۱۹۸۴) و پاول (۱۹۸۴) به این نتیجه رسیدند که اثرات قارچ میکوریزا در جذب عناصر غذایی و بهبود مصرف آن می‌باشد. همچنین لینلی و همکاران (۱۹۹۱) به این نتیجه رسیدند که در تلقیح شبدر سفید با میکوریزا، غلظت فسفر در اندام هوایی، ریشه‌ها و وزن خشک نسبت به شاهد افزایش داشته است. در آزمایشی دیگر آلوش و همکاران (۲۰۰۰) نشان دادند که گیاه نخود تلقیح شده با میکوریزا سبب افزایش تعداد گره ریشه، محتوای فسفر اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی و عملکرد دانه نسبت به شاهد شده است.

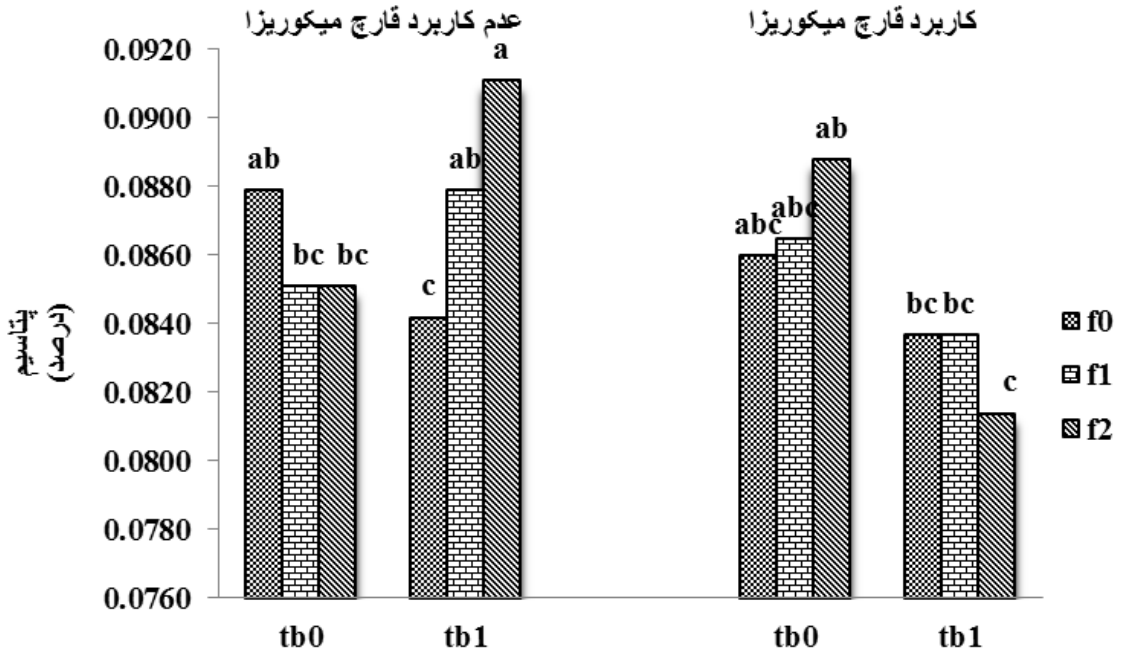
مسیک و فن (۱۹۹۹) نیز گزارش نمودند که گوگرد نه تنها به عنوان یک عامل محدود کننده عملکرد مطرح است بلکه می‌تواند پاسخ گیاه را به کودهای ازتی و فسفاتی افزایش داده و سبب افزایش جذب راندمان مصرف این کودها گردد. همچنین اسرنی‌واسا و کریشناراج (۱۹۹۲) بیان نمودند که تلقیح توأم قارچ و باکتری، ضمن افزایش عملکرد، توسعه قارچ‌های میکوریزا در خاک ریزوسفر، جذب فسفر و برخی از عناصر کم‌مصرف را نیز افزایش می‌دهد.

شارما (۲۰۰۳) با انجام آزمایشی در اتاقک های رشد دریافت که تلقیح گیاه با قارچ مایکوریزا می تواند بالغ بر ۸۰ درصد فسفر، ۲۵ درصد ازت، ۱۰ درصد پتاسیم، ۲۵ درصد روی و ۶۰ درصد مس مورد نیاز گیاه را تامین نمایند. در همین راستا، اردکانی و همکاران (۱۳۸۱)، افزایش ناشی از تلقیح گندم با قارچ مایکوریزا در مقدار تأمین نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن و منگنز را به ترتیب ۱۱، ۲۱، ۱۰، ۹ و ۱۵ درصد گزارش نمودند. آنها نتیجه گیری کردند که اثر متقابل مایکوریزا و سنتز آنزیم نیترات ردوکتاز می تواند با جذب فسفر مرتبط باشد. که با نتایج بدست آمده کاملاً همخوانی دارد.

۵-۴-۳-۲- پتاسیم

در این بررسی، از بین منابع تغییر تنها تأثیر متقابل سه‌گانه و اثر متقابل قارچ میکوریزا و باکتری تیوباسیلوس بر این صفت معنی‌دار بدست آمد (جدول ۵-۸). نتایج حاصله بیانگر برتری تیمار

عدم کاربرد قارچ میکوریزا، تلقیح باکتری تیوباسیلوس و سطح دوم کودی ($m_0tb_1f_2$) با غلظت ۰/۰۹۱۱ درصد است و نسبت به تیمار عدم کاربرد قارچ میکوریزا، عدم تلقیح باکتری تیوباسیلوس و عدم کاربرد کود شیمیایی (شاهد)، ۳/۶۴ درصد افزایش را نشان می‌دهد (شکل۵-۲۵). مقایسه میانگین مربوط به تأثیر متقابل دوگانه ارائه نشده است.



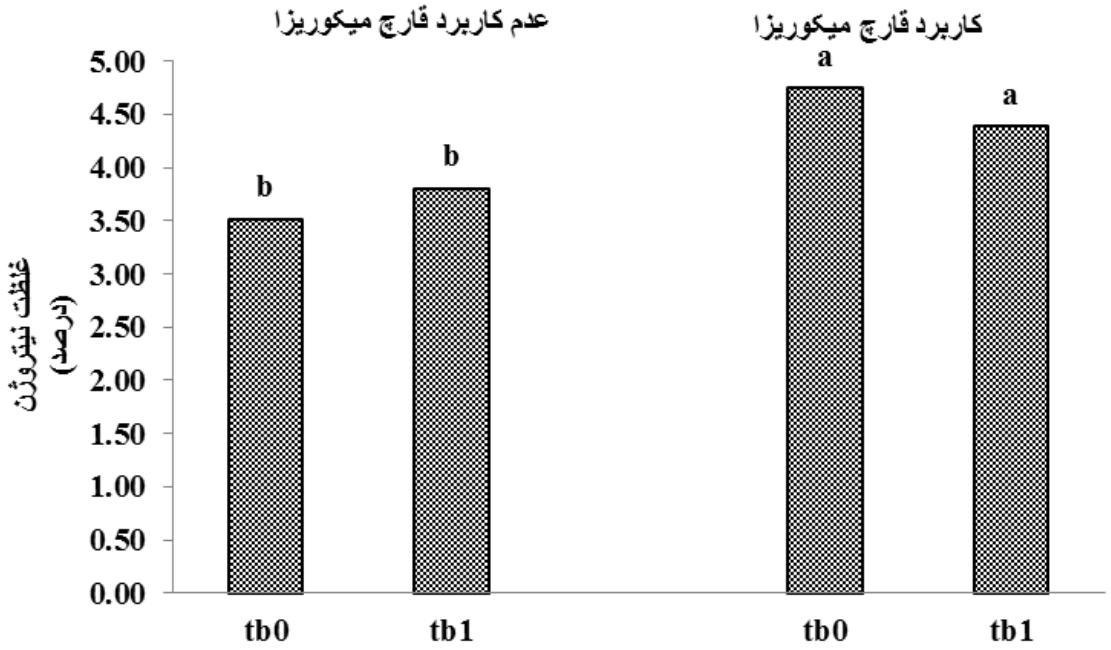
شکل ۵-۲۵- اثرات متقابل قارچ میکوریزا، باکتری تیوباسیلوس و سطوح کودی مختلف بر غلظت پتاسیم
m= تیمار میکوریزا (m1= کاربرد و m0= عدم کاربرد)، tb= تیمار تیوباسیلوس (tb1= تلقیح و tb0= عدم تلقیح)، f= سطوح مختلف کودی (f0= عدم کاربرد، f1= ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل و f2= f_1 + ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم)

مورودت و همکاران (۱۹۹۱) بیان داشتند که گوگرد علاوه بر ارزش تغذیه‌ای، به دلیل ظرفیت اکسیده شدن و تولید اسید سولفوریک، توان لازم برای کاهش pH را دارا می‌باشد، بنابراین می‌تواند در انحلال ترکیبات غذایی نامحلول و آزاد شدن عناصر ضروری در ریزوسفر، موثر واقع شود. تیمار $m_0tb_1f_2$ درمقایسه با تیمار $m_1tb_1f_2$ اختلاف بسیار زیادی را نشان می‌دهد. گراهام و ابوت (۲۰۰۰) لی و همکاران (۲۰۰۸) گراهام و ایسینسفاتا (۱۹۹۸) اظهار داشتند که احتمالاً نسبت سود به هزینه برای

همزیستی قارچ میکوریزا با گیاه میزبان کاهش یافته و در نتیجه این همزیستی رابطه انگلی یافته است.

۵-۴-۳-۳- نیتروژن

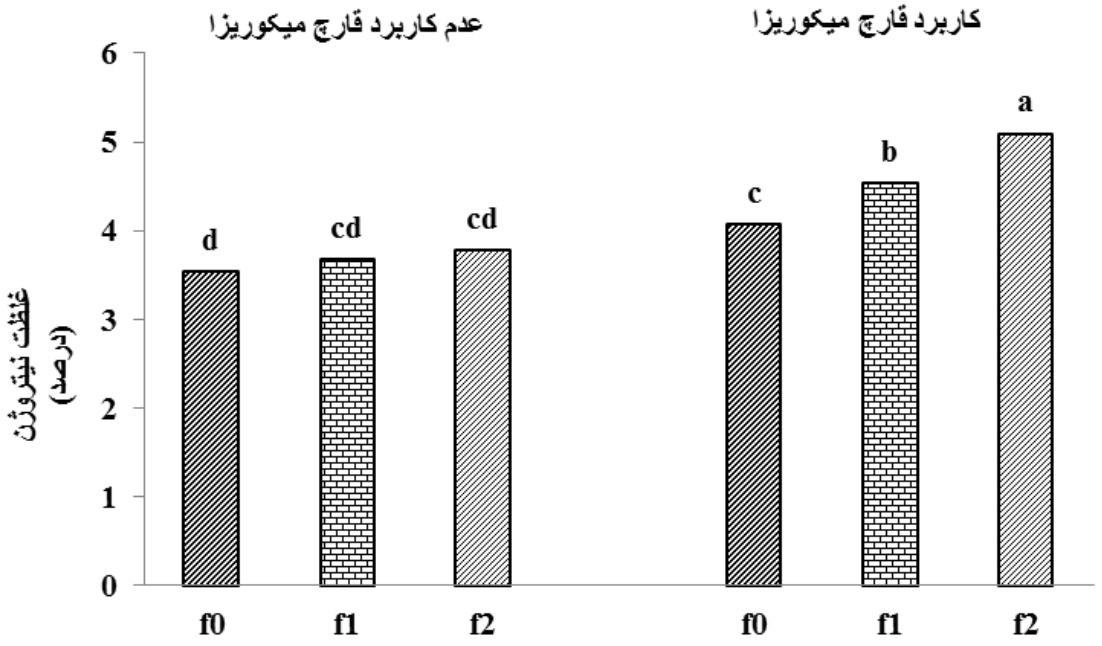
تجزیه واریانس داده‌ها تأثیر معنی‌داری را برای تیمارهای قارچ میکوریزا و سطوح مختلف کود شیمیایی، از لحاظ غلظت عناصر دانه، نشان داد (جدول ۵-۸). در بررسی اثر متقابل قارچ میکوریزا و باکتری تیوباسیلوس مشخص شد که بین دو تیمار کاربرد قارچ میکوریزا و عدم تلقیح باکتری تیوباسیلوس (m_1tb_0) و کاربرد قارچ میکوریزا و تلقیح باکتری تیوباسیلوس (m_1tb_1) از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری وجود ندارد امّا نسبت به تیمار عدم کاربرد قارچ میکوریزا و عدم تلقیح باکتری تیوباسیلوس (۳/۵۲) به ترتیب افزایش ۳۴/۹۳ و ۲۴/۷۱ درصدی را نمایش می‌دهند (شکل ۵-۲۶).



شکل ۵-۲۶- اثرات متقابل قارچ میکوریزا و باکتری تیوباسیلوس بر غلظت نیتروژن کنجد

m= تیمار میکوریزا (m1= کاربرد و m0= عدم کاربرد) و tb= تیمار تیوباسیلوس (tb1= تلقیح و tb0= عدم تلقیح)

هر چند در این بررسی سطح تأثیر m_1tb_1 نسبت به m_1tb_0 کمتر بدست آمد امّا قربانی نصرآبادی و همکاران (۱۳۸۱) اظهار داشتند مصرف توأم مایه تلقیح تیوباسیلوس و برادی ریزوبیوم ژاپنیکوم در گیاه سویا غلظت نیتروژن و یا مقدار کل نیتروژن جذب شده در گیاه را نسبت به تلقیح هر یک به تنهایی به طور معنی‌داری افزایش داد که بیان کننده اثر سینرژیستی آنها است. همچنین میرزاخانی و همکاران (۱۳۸۹) در مطالعه‌ای، کاربرد تلفیقی باکتری و قارچ را بررسی کردند و به این نتیجه رسید که عملکرد تیمارها به صورت مشترک در مقایسه با کاربرد جداگانه آنها افزایش معنی‌داری را در تثبیت نیتروژن و افزایش فسفر قابل دسترس در خاک نشان داد که علت آن احتمالاً بیانگر رابطه تقویت کنندگی (سینرژیستی) آنها در جهت افزایش عملکرد است.



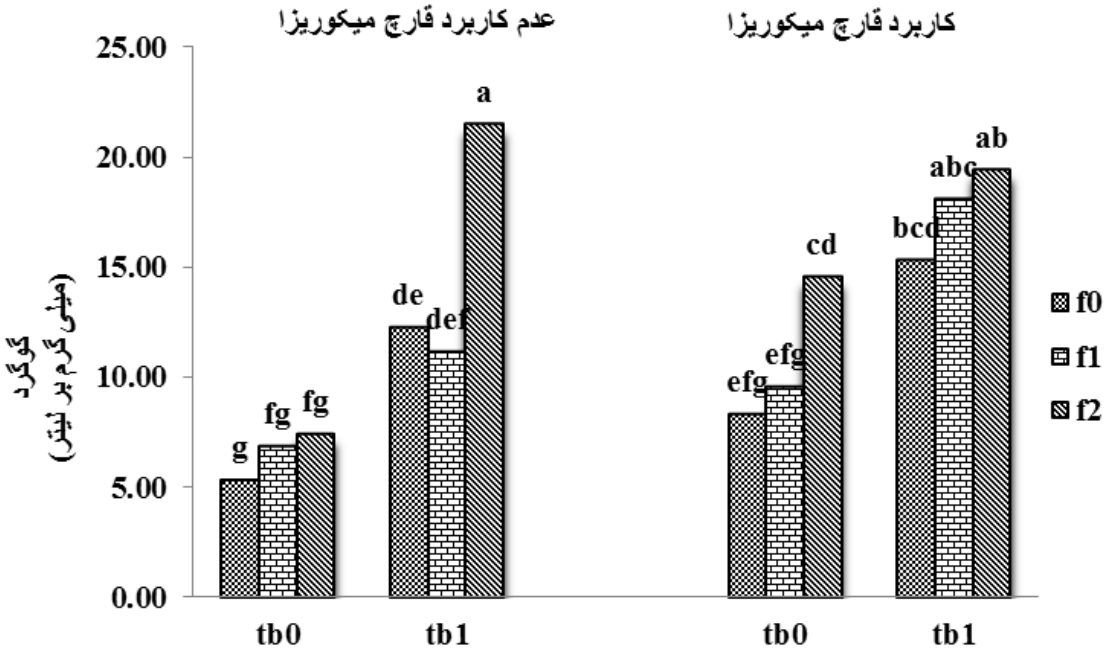
شکل ۵-۲۷- اثرات متقابل قارچ میکوریزا و سطوح کودی مختلف بر غلظت نیتروژن کنجد

m= تیمار میکوریزا (m1= کاربرد و m0= عدم کاربرد) و f= سطوح مختلف کودی (f0= عدم کاربرد، f1= ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل و f2= f_1 + ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم)

در بررسی اثر متقابل قارچ میکوریزا و سطوح مختلف کودی مشخص شد که تیمار کاربرد قارچ میکوریزا و سطح سوّم کودی (m_1f_2) با ۵/۱ درصد بیشترین غلظت نیتروژن را دارا است که نسبت به تیمار شاهد (۳/۵۴) افزایش ۴۴/۰۶ درصدی را نشان می‌دهد (شکل ۵-۲۷). تورو و همکاران (۱۹۹۸) بیان کردند که تثبیت زیستی نیتروژن در گیاه مایکوریزایی بیشتر از گیاهان غیر مایکوریزایی است. این افزایش نیز احتمالاً می‌تواند به جهت مصرف کودهای شیمیایی باشد که توانایی انتخاب قارچ‌های میکوریزا را در گیاه بالا برده است (کوئید، ۱۹۹۱).

۵-۴-۳-۴- گوگرد

سطوح تیمارهای قارچ میکوریزا، باکتری تیوباسیلوس و نسبت‌های مختلف کودی از نظر غلظت عنصر گوگرد در بوته کنجد اختلاف معنی‌داری را نشان دادند (جدول ۵-۸). تأثیر متقابل سه‌گانه این فاکتورها نیز معنی‌دار بدست آمد. در این بررسی، تیمار عدم کاربرد قارچ میکوریزا، تلقیح باکتری تیوباسیلوس و سطح دوّم کودی ($m_0tb_1f_2$) نسبت به تیمار شاهد (۵/۳۵ میلی‌گرم در لیتر) به میزان ۳۰۰/۹۳ درصد افزایش را نشان داد (شکل ۵-۲۸). در یک آزمایش، با بررسی اثر مصرف گوگرد و تلقیح آن با انواع باکتری تیوباسیلوس بر روی گیاه یونجه مشخص گردید که بیشترین عملکرد از تیمار کاربرد گوگرد و تیوباسیلوس بدست آمد که ۶۹/۷ درصد نسبت به شاهد افزایش داشت در حالیکه مصرف گوگرد تنها ۵۱/۵ درصد عملکرد را در مقایسه با شاهد افزایش داده بود (باریا و همکاران، ۱۹۸۲) که با نتایج بدست آمده در این آزمایش همخوانی دارد.



شکل ۵-۲۸- اثرات متقابل قارچ میکوریزا، باکتری تیوباسیلوس و سطوح کودی مختلف بر غلظت گوگرد کنجد

m= تیمار میکوریزا (m1= کاربرد و m0= عدم کاربرد)، tb= تیمار تیوباسیلوس (tb1= تلقیح و tb0= عدم تلقیح)، f= سطوح مختلف کودی (f0= عدم کاربرد، f1= ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل و f2= f_1 + ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم)

۵-۴-۴- همبستگی بین عملکرد دانه و صفات کیفی کنجد

جدول ضریب همبستگی بین صفات نشان داد که رابطه معنی‌داری بین درصد روغن و پروتئین دانه وجود ندارد (جدول ۵-۹). نتایج نشان داد که بین میزان عملکرد و درصد روغن همبستگی مثبت وجود دارد که بیشترین میزان همبستگی (r =۰/۹۸**) در این بررسی می‌باشد. نتایج جدول ضریب همبستگی نشان داد که بین عملکرد دانه و برخی از عناصر همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد. بیشترین این همبستگی متعلق به غلظت نیتروژن (r =۰/۸۶ **) می‌باشد. طبق شواهد نیز غلظت فسفر فقط با نیتروژن همبستگی داشته و این همبستگی مثبت و معنی‌دار بوده است. در بررسی درصد پروتئین و عنصر پتاسیم مشخص شد که این دو با یکدیگر همبستگی منفی و معنی‌داری داشته است در صورتی که این همبستگی با عنصر گوگرد مثبت و معنی‌دار بوده است.

همانطور که در جدول ۵-۹ مشاهده می‌شود، بین فسفر و پروتئین دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری (r =۰/۸۷ **) وجود دارد. در تحقیقاتی که کوچکی و سرمدنیا (۱۳۸۵) انجام دادند به این نتیجه رسیدند که فسفر جزئی از پروتئین سلول بوده و به عنوان بخشی از پروتئین هسته، غشای سلولی و اسید نوکلئیک ایفای نقش می‌کند و کاهش فسفر موجب کاهش میزان پروتئین سلول شده و اختلال در فعالیت سلول را باعث می‌شود.

جدول ۵-۹- مقادیر ضریب همبستگی بین برخی از صفات مورد مطالعه در گیاه کنجد (n = ۳۶)

صفات	درصد روغن	درصد پروتئین	عملکرد دانه	غلظت فسفر	غلظت پتاسیم	غلظت نیتروژن	غلظت گوگرد
درصد روغن	۱						
درصد پروتئین	۰/۵۶ ns	۱					
عملکرد دانه	۰/۹۸**	۰/۶۱*	۱				
غلظت فسفر	۰/۷۰*	۰/۸۷**	۰/۷۳**	۱			
غلظت پتاسیم	-۰/۰۸ ns	-۰/۵۹*	-۰/۲۱ ns	-۰/۴۴ ns	۱		
غلظت نیتروژن	۰/۸۵**	۰/۵۷*	۰/۸۶**	۰/۸۲**	-۰/۱۳ ns	۱	
غلظت گوگرد	۰/۴۴ ns	۰/۶۲*	۰/۵۲ ns	۰/۵۳ ns	-۰/۵۲ ns	۰/۴۶ ns	۱

ns، * و ** به ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌دار بودن و معنی‌دار بودن در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

نتیجه گیری کلّی

و

پیشنهادات

۶-۱- نتیجه‌گیری

۱ – استفاده توأم قارچ میکوریزا و باکتری تیوباسیلوس توانست عملکرد کنجد را به طور چشمگیری افزایش دهد.

۲ – کاربرد قارچ میکوریزا و باکتری تیوباسیلوس موجب افزایش عملکرد دانه کنجد از طریق افزایش جذب عناصر و توسعه سطح برگ و افزایش اسیمیلاسیون کربن گردیدند.

۳ – در بین اجزای عملکرد، تعداد کپسول در بوته بیشترین تأثیر را در افزایش عملکرد دانه داشت.

۴ – کاربرد قارچ میکوریزا و سطح دوم کودی توانست محتوی روغن و پروتئین دانه را نسبت به دیگر تیمارها افزایش دهد.

۵ – غلظت عناصر دانه تحت تأثیر کودهای مختلف تفاوت معنی‌داری داشت.

۶ – کاربرد تلفیقی قارچ میکوریزا، باکتری تیوباسیلوس و سطوح کودی عملکرد بیشتری را در مقایسه با کاربرد جداگانه آنها نشان داد.

۶-۲- پیشنهادات

۱ – نتایج یک ساله از آزمایشاتی که کاربرد کودهای بیولوژیک را بر عملکرد محصول خاص بررسی می‌کند، نمی‌توانند به عنوان یک قانون کلی بیان شود، بنابراین انجام این آزمایشات به مدت حداقل ۲ تا ۳ سال ضروری می‌باشد.

۲ – از آنجا که در این آزمایش کاربرد موجب افزایش عملکرد دانه به طور معنی‌داری گردید، بنابراین پیشنهاد می‌شود که در زراعت کنجد استفاده گردد.

۳ – پیشنهاد می‌شود که این آزمایش با انواع دیگر قارچ‌ها و باکتری‌ها و همچنین سطوح دیگر کودی انجام گردد.

۴ – با توجه به تأثیر کاربرد قارچ میکوریزا بر افزایش عملکرد کنجد و فعالیت این قارچ در سطوح متوسط فسفر، پیشنهاد می‌شود در جهت حفظ محیط زیست و کاهش مصرف کودهای شیمیایی، بخصوص کودهای فسفره، از مقادیر کمتر کود شیمیایی به همراه قارچ میکوریزا به منظور تأمین نیاز گیاه به عناصر غذایی استفاده گردد.

۵ – با توجه به اینکه کنجد از گیاهان روغنی مهم بوده و جزء گیاهان مقاوم به خشکی است، امّا کمتر مورد توجه قرار گرفته و سوابق پژوهشی و اطلاعات بسیار اندکی در خصوص این گیاه در دسترس می‌باشد. بنابراین پیشنهاد می‌شود با توجه به ترویج کشت کنجد در بین کشاورزان و انجام آزمایشات زراعی و اصلاحی بیشتر بر روی کنجد، این گیاه مورد توجه بیشتر قرار بگیرد.

۶ - آزمایش مزبور در ارقام دیگر کنجد نیز تکرار شود تا اثر ارقام مختلف نیز مشخص گردد.

فهرست منابع

ابراهیم زاده ح. ۱۳۸۰. فیزیولوژی گیاهی (مبحث تغذیه و جذب)، انتشارات دانشگاه تهران. ۵۹۷ صفحه.

احمدی واوسری، ف. ۱۳۸۸. بررسی اثر متقابل باکتری حل کننده فسفات و تیوباسیلوس بر عملکرد و اجزای عملکرد کنجد (*Sesamum indicum* L.). پایان نامه دوره کارشناسی ارشد زراعت. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری. ۹۴ صفحه.

احمدی، ج. ۱۳۹۰. واکنش سه رقم کنجد به کاربرد کود بیولوژیک سوپر نیتروپلاس و سطوح متفاوت نیتروژن. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه صنعتی شاهرود.

احمدی، ف.، پیردشتی، ه.، امینی، ا. و عباسیان، ا. ۱۳۸۸. بررسی اثرات مصرف گوگرد و تیوباسیلوس بر برخی از صفات کمی و کیفی کنجد. خلاصه مقالات نهمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. ص. ۱۷۸.

احمدی، م. ر. ۱۳۷۸. کیفیت و کاربرد دانه‌های روغنی (ترجمه). نشر آموزش کشاورزی. ۱۱۳ صفحه.

اردکانی، م.، د. مظاهری، ف. مجد، ق. نور محمدی و م. چنگیزی. ۱۳۸۱. نقش همزیستی قارچ‌های میکوریزا در جذب عناصر ماکرو و میکرو در گندم. هفتمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، صفحه ۳۸ .

ارشادمرادی، م. اردکانی، م، ر. نعمتی، ن، ا. خاوازی، ک، و م، نقوی. ۱۳۸۹. بررسی تأثیر انواع مایه تلقیح حاوی باکتری محرک رشد گیاه و ازتوتروف‌ها بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم گیاه جو. یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. جلد اول: به زراعی (خلاصه مقالات). دانشگاه شهید بهشتی تهران. پژوهشکده علوم محیطی. صفحه ۴۰.

اکبری، پ. قلاوند، ا و س، ع، م، مدرس‌ثانوی. ۱۳۸۸. اثرات سیستم‌های مختلف تغذیه و باکتری-های افزاینده رشد (PGPR) بر فنولوژی، عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان. مجله الکترونیک تولیدگیاهان زراعی. جلد ۲. شماره ۳. صفحات ۱۳۴-۱۱۹.

آلیاری، ه. شکاری، ف و ف، شکاری. ۱۳۷۹. دانه‌های روغنی. انتشارات عمیدی تبریز. ۱۸۲ صفحه.

ایرانی پور، ر.، م. ج. ملکوتی، ج. عابدی، ا. سجادی و ح. غفوریان. ۱۳۸۴. بررسی تأثیر گوگرد و تیوباسیلوس بر قابلیت جذب فسفر از منبع خاک فسفات با استفاده از تکنیک رقت ایزوتوپی. پژوهشنامه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خزر. شماره ۲: ۱۴-۱.

بشارتی، ح. ۱۳۸۲. تهیه مواد نگهدارنده مناسب برای باکتری های جنس تیوباسیلوس و مطالعه اثرات متقابل آنها با قارچ های میکوریزا آربوسکولار بر عملکرد و جذب عناصر غذایی در گندم. پایان نامه دکتری. دانشگاه تربیت مدرس. ۱۷۹ صفحه.

بشارتی کلایه، ح.، ک. خاوازی و ن. صالح راستین. ۱۳۷۹. بررسی قابلیت چند نوع ماده برای تولید مایه تلقیح باکتری های تیوباسیلوس و مطالعه اثر آن همراه با گوگرد بر افزایش جذب برخی از عناصر غذایی و رشد ذرت. مجله خاک و آب. ۱۲(۱۱): ۹-۱.

بشارتی، ح و ن. صالح راستین. ۱۳۸۰. تاثیر مصرف گوگرد و مایه تلقیح باکتری های تیوباسیلوس همراه با گوگرد در افزایش قابلیت جذب فسفر. ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوزیک در کشور (مجموعه مقالات)، چاپ دوم، نشر آموزش کشاورزی. ص ۳۱۷-۲۹۳.

بشارتی، ح. و صالح راستین، ن. ۱۳۷۸. بررسی تأثیر کاربرد مایه تلقیح باکتری‌های *Thiobacillus* همراه با گوگرد در افزایش قابلیت جذب فسفر. نشریه علمی پژوهشی علوم خاک و آب. جلد ۱۳، شماره ۱، صفحات ۲۳-۳۹.

بشارتی، ح. ۱۳۷۷. بررسی اثرات کاربرد گوگرد همراه با گونه های تیوباسیلوس در افزایش قابلیت جذب برخی از عناصر غذایی خاک. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی. دانشگاه تهران. ۱۷۶ صفحه.

بهمنیار، م. ع.، م. ر. رمضان پور، م. ج. ملکوتی و ح. ر. بهره ور. ۱۳۸۴. بررسی عملکرد و کیفیت دانه سویا تحت تاثیر کودهای گوگردی و منیزیومی. مجموعه مقالات نهمین کنگره علوم خاک ایران، صفحه ۱۶۰.

بی نام. ۱۳۸۲. طرح جامع تولید، صادرات و واردات کودهای شیمیایی و بیولوژیک در دهه ۸۰. موسسه تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران.

پورصالح، ۱۳۷۴. گیاهان اقتصادی جهان (ترجمه). انتشارات مؤسسه اصلاح بذر و تهیه نهال کرج. ۱۳۸ صفحه.

تقی پور، ف. ح، بشارتی، م. تاجی، ر. میراخوری. ۱۳۸۸. بررسی اثربخشی بیوگوگردالی گرانوله درجذب عناصرغذایی توسط گندم درخاک های اهکی. مجموع مقالات یازدهمین کنگره علوم خاک ایران.

جمشیدی، ا. صالحی، ا. زارع، م، ج و ع، ر، جمشیدی. ۱۳۸۷. اثر میکوریزا آرباسکولار بر عملکرد، اجزای عملکرد و صفات گیاهی آفتابگردان (*Helinthus annuus* L.) در شرایط تنش خشکی. مجله علوم زراعی ایران. جلد ۱۱. شماره ۲ (پیاپی ۴۲). صفحات ۱۵۰-۱۳۶.

جواهری، م. رخزادی، ا و ب، پارسیان. ۱۳۸۹. اثر کود بیولوژیک حامل ازتوباکتر و آزسپریلیوم بر فنولوژی و رشد ارقام آفتابگردان (*Heliathus annuus* L.). یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. جلد اول: به زراعی (خلاصه مقالات). دانشگاه شهید بهشتی تهران. پژوهشکده علوم محیطی. صفحه ۴۳.

جهان، م. ک.چکی، ع، ر و م، ن، محلاتی. ۱۳۸۶. رشد، فتوسنتز و عملکرد ذرت در پاسخ به تلقیح با قارچ میکوریزا و باکتری‌های تثبیت کننده‌ی نیتروژن در نظام‌های زراعی رایج و اکولوژیک. مجله پژوهش‌های زراعی ایران. جلد ۵. شماره ۱. صفحات ۶۷-۵۳.

حمیدی، آ. اصغرزاده، ا. چوکان، ر. دهقان، ش، م. قلاوند. ا و م، ج، ملکوتی. ۱۳۸۶. بررسی کاربرد کودهای ریزوباکتریایی افزاینده رشد گیاه (PGPR) در ذرت با نهاده کافی. جلد ۴. شماره ۴. صفحات ۱-۱۹.

خاوازی، ک. اسدی رحمانی، ه و م، ج، ملکوتی. ۱۳۸۴. ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور (مجموعه مقالات مؤسسه آب و خاک). ۴۶۰ صفحه.

خواجه پور، م. ر. ۱۳۸۵. گیاهان صنعتی . انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان.

خواجه‌پور، م، ر. ۱۳۸۴. گیاهان صنعتی. جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان. ۵۶۴ صفحه.

خواجه پور. م. ۱۳۷۷. تولید نباتات صنعتی. دانشگاه صنهتی اصفهان. ۵۶۴ صفحه.

درزی، م. ا، قلاوند. ف، رجالی. ۱۳۸۸. تاثیر مصرف کودهای بیولوژیک بر روی جذب عناصر N، P، K و عملکرد دانه در گیاهان دارویی رازیانه (*Foeniculum Vulgare Mill.*) فصلنامه علمی پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. جلد ۲۵(۱): ص ۱-۱۹.

دینی ترکمانی، م. ر و ژ، کاراپتیان. ۱۳۸۶. بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مهم دانه در ده رقم کنجد (*Sesamum indicum* L.). مجله زیست‌شناسی ایران. جلد ۲۰. شماره ۴. صفحات ۳۲۷-۳۳۲.

رحیمی، ر، ا. و ر، محمودی درخش. ۱۳۸۹. اهمیت دانه‌های روغنی و نقش تعاونی‌ها در تولید آن. همایش ملی دستاوردهای نوین در تولید گیاهان با منشأ روغنی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد بجنورد. صفحه ۴۹.

رستگار، م، ع. ۱۳۸۵. زراعت گیاهان صنعتی. انتشارات برهمند. ۴۶۹ صفحه.

ساجد، م. ع، ح. حسینی مقدم، د. یزدانی، و پ. احمدی اول. ۱۳۸۰. تأثیر پوشش پلاستیکی خاک، فاصله کاشت و میزان کود فسفاته و پتاسه بر رشد و عملکرد بذر و روغن در کدوی داروئی. مجموعه مقالات همایش ملی گیاهان دارویی ایران. موسسه تحقیقات جنگلها و مراتع. صفحه ۱۸۸.

سالاردینی، ع. ا. ۱۳۷۱. حاصلخیزی خاک. انتشارات دانشگاه تهران.

سپهر، ا. م. ج. رسولی وم. ج. ملکوتی. ۱۳۸۲. نقش گوگرد درتغذیه دانه های روغنی .انتشارات خانیران.

سرمدنیا غ. و کوچکی ع. ۱۳۷۶. فیزیولوژی گیاهان زراعی، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۰۰ صفحه.

سعادت لاجوردی، ن. ۱۳۵۹. دانه‌های روغنی. انتشارات و چاپ دانشگاه تهران. ۲۱۷ صفحه.

شفاعتی، ف. اسماعیلی، م، ع. پیردشتی، ه، ا و ا، عباسیان. ۱۳۸۹. اثرات کاربرد کودهای شیمیایی و باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد جو (*Hordeum vulgare*). یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران جلد اول: به زراعی (خلاصه مقالات). دانشگاه شهید بهشتی تهران. صفحه ۲۵.

شوقی کلخوران، س. قلاوند، ا و س، ع، م، مدرس‌ثانوی. ۱۳۸۹. تأثیر سیستم‌های مختلف حاصل‌خیزی بر صفات مورفولوژیک و عملکرد گیاه آفتابگردان. یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران جلد اول: به زراعی (خلاصه مقالات). دانشگاه شهید بهشتی تهران. صفحه ۵۰.

شیرانی، ا.، علیزاده، ع. و هاشمی دزفولی، ا. ۱۳۷۹. بررسی اثر قارچ‌های مایکوریزا آرباسکولار، باکتری *Bradyrhizobium Japonicum* و فسفر بر کارایی جذب برخی از عناصر غذایی در سویا. نشریه علمی پژوهشی نهال و بذر، جلد ۱۶، شماره ۲، ص ۱۷۲ تا ۱۹۱، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر. تهران، ایران.

شریعت، ص و م، فریبرز. ۱۳۷۰. گیاهان دارویی طبیعی (مفردات پزشکی). انتشارات روزبهان. ۲۲۸ صفحه.

عرشی، ی. ۱۳۷۴. ملاحضاتی در مسائل فیزیولوژی و به زراعی آفتابگردان، شرکت سهامی توسعه کشت دانه‌های روغنی. ۸۴ صفحه.

علی‌اصغرزاده، ن. و ن. صلح راستین. ۱۳۸۲. اثرات تلقیح سویا با قارچ میکوریز VA و باکتری برادی ریزوبیوم بر رشد و جذب عناصر غذایی در چند خاک اطراف کرج. ص ۳۲۱-۳۳۲.

غلامی، ا. و ع. کوچکی. ۱۳۸۰. میکوریزا در کشاورزی پایدار (ترجمه). انتشارات دانشگاه شاهرود. ۲۱۲ صفحه.

فاضلی، ق. ا. ۱۳۸۵. بررسی اثر تنش خشکی بر برخی جنبه‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در گیاه کنجد (*Sesamum indicum L.*). پایان‌نامه دکتری. دانشگاه تربیت معلم تهران.

فلاح، ع و خاوازی، ک. ۱۳۸۰. نقش میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات در کشاورزی. ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور (مجموعه مقالات). مرکز نشر آموزش کشاورزی، کرج. ص ۳۸۲-۳٤٥.

فلاحی، ج. کوچکی، ع و پ، رضوانی مقدم. ۱۳۸۸. اثر کودهای بیولوژیکی روی ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه دارویی بابونه آلمانی (*Motricaria recutitia*). مجله پژوهش‌های زراعی ایران. جلد ۷. شماره ۱. صفحات ۱۳۵-۱۲۷.

قربانی نصر آبادی، ر.، ر. صالح راستین و ح. ع. علیخانی. ۱۳۸۱. بررسی تاثیر مصرف گوگرد با مایه تلقیح تیوباسیلوس و برادی ریزوبیوم بر تثبیت نیتروژن و شاخص های رشد سویا. مجله علوم آب و خاک. جلد ۱۶ (۲): ص ۱۷۸-۱۷۰.

کوچکی، ع و م. بنایان اول. ۱۳۷۶. زراعت حبوبات. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. چاپ ششم. ۲۳۶ صفحه.

کوچکی، ع. تبریزی، ل و ر، قربانی. ۱۳۸۷. ارزیابی اثر کودهای بیولوژیکی بر ویژگی‌های رشد، عملکرد و خصوصیات کیفی گیاه دارویی زوفا (*Hysspous officinalis*). مجله پژوهش‌های زراعی ایران. جلد ۶. شماره ۱. صفحات ۱۳۷-۱۲۷.

کوچکی، ع و غ سرمدنیا،. ۱۳۸۵. فیزیولوژی گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.۴۲۳ ص.

کافی، م. زند، ا.، کامکار، ب.، شریفی، ح. ر.، گلدانی، م. ۱۳۸۷. فیزیولوژی گیاهی. (تألیف: تایزوزایگر). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. جلد دوم. ۳۷۹ ص.

کاظمی، ش.، س. ا. گالشی.، ا. قنبری و ق. کیانوش. ۱۳۸۴. اثر تاریخ کاشت و تلقیح ریزوبیوم بر عملکرد و اجزای عملکرد در سویا. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۲(۴): ۸۰-۸۷.

محمودیان، ا.، اردکانی، م. ر، و لطف الهی، م. ۱۳۸۵. بررسی اثر تلقیح باکتری تیوباسیلوس و گوگرد آلی و خاک حاصل از سنگ فسفات بر عملکرد و درصد فسفر در دانه ذرت. خلاصه مقالات نهمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. ص ۱۸۰.

مرشدی، ع. ر. ۱۳۸۲. مروری بر تولید و مصرف جهانی کود. مجله نهاده، شماره ۷، ص ۲۲ تا ۲۶.

ملک زاده، ط.، ح. بشارتی، غ. ر. ثوابقی ور. قاسمیان. ۱۳۸۸. تاثیرمقادیرگوگردوتلقیح باکتری تیوباسیلوس برجذب فسفروعملکردسویادریک خاک اهکی. مجموع مقالات یازدهمین کنگره علوم خاک ایران.

ملکوتی، م. ج. و ح. رضایی. ۱۳۸۰. نقش گوگرد، کلسیم و منیزیم در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی. نشر آموزش کشاورزی. ۱۹۳ صفحه.

ملکوتی، م. ج.، کشاورز، پ. و کریمیان، ن. ۱۳۸۷. روش جامع تشخیص و توصیه بهینه کود برای کشاورزی پایدار. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. ۷۷۵ صفحه.

منتظری، ع. ا. و سپهر، ا. ۱۳۸۶. تأثیر مصرف گوگرد، روی و بور بر عملکرد کیفی و کمی و جذب عناصر غذایی در آفتابگردان. مجموع مقالات دهمین کنگره علوم خاک ایران. ص. ۸۲۸-۸۲۷.

منصوری، س و م، سلطانی نجف آبادی. ۱۳۸۳. بررسی و تجزیه تحلیل سیستمیک عملکرد و روابط اجزاء آن برای اصلاح کنجد (*Samum indicum* L). مجله نهال و بذر. جلد ۲۰. شماره ۲. صفحات ۱۶۵-۱۴۹.

میرزاخانی، م. اردکانی، م، ر. آینه‌بند، ا. شیرانی‌راد، ا، ح و ف، رجالی. ۱۳۸۹. پاسخ گلرنگ به حاصلخیزکننده‌های زیستی تحت سطوح مختلف نیتروژن و فسفر. یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. جلد اول: به زراعی (خلاصه مقالات). دانشگاه شهید بهشتی تهران. پژوهشکده علوم محیطی. صفحه ۳۷.

ناصری، ف. ۱۳۷۵. دانه‌های روغنی (ترجمه). انتشارات آستان قدس رضوی، ۸۱۷ صفحه.

نورقلی پور، ف.، ک. خاوازی.، ح. بشارتی و ا. فلاح. ۱۳۸۵. بررسی تاثیر کاربرد خاک فسفات، گوگرد و باکتری تیوباسیلوس بر عملکرد کمی و کیفی سویا و اثرات باقی مانده آن بر ذرت. مجله علوم خاک و آب. جلد ۲۰. شماره (۱): ص ۱۳۲-۱۲۲.

هاشمی دزفولی، ا.، ع. کوچکی و م. بنایان اول. ۱۳۷۵. افزایش عملکرد گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۸۷ صفحه.

Abbott, L. K. and Robson, A. D. 1991. Field management of mycorrhizal fungi In: The Rhizosphere and Plant Growth. D.L Keister and P.B. Cregan (eds.) Kluwer Academic Publisher Dordecht, The Netherlands. Pp. 355-362.

Abbott, L. K. and Robson, A. D. 1984. The effect of mycorrhizae on plant growth. P. 113-130. In C. LI. Powell and D.J. Bagyaraj (ed). VA mycorrhiza. CRC Press, Boca Raton, FL.

Abo-Rady, M. D. K. and Nabulsi, Y. A. 1989. Effect of high doses of elemental sulfur on barley growth in an alkaline soil. Arid Soil Research and Rehabilitation. 3(4): 451-457.

Al-Karaki, G. N., Al-Raddad, A. and Clark, R. B. 1998. Water stress and mycorrhizal isolate effects on growth and nutrient acquisition of wheat. J. Plant Nutr. 21: 891-902.

Al-Karaki, G. N. and Clark, R. B. 1999. Mycorrhizal influence on protein and lipid of durum wheat grown at different soil phosphorus levels. Mycorrhiza. 9: 97-101.

Allen, M. F. and Boosalis, M. G. 1983. Effects of two VA-mycorrhizal fungi on drought tolerance of winter wheat. New Phytol. 93: 67-76.

Allen, M. F. 1992. Mycorrhizal Functioning, an Integrative Plant-fungal rocess. Chapman & Hall Press. New York, p. 534.

Allen, M. F. 1991. The Ecology of Mycorrhizae. Cambridge University Press. Press. 196p. ISBN: 0-5213-3553-1.

Alloush, G. A. Z., Zeto, S. K. and Clark, R. B. 2000. Phosphorus source, organicmatter and arbuscular mycorrhiza effects on growth and mineral acquisition of chickpea grown in acidic soil. J. Plant Nutr. 23: 1321-1347.

Antunes, P. M., I. Rajican and M. J. Goss. 2006. Specific flavonoids as interconnecting signals in the tripartite symbiosis formed by arbuscular mycorrhizal fungi, Bradyrhizobium japonicum (kricher) Jordan and Soybean (Glycine max (L.) Merr.). Soil Biology and Biochemistry. 38: 533-543.

Appia-Ayme, C., Quatrini, R., Denis, Y. and other authors. 2006. Microarray and bioinformatic analyses suggest models for carbon metabolism in the autotroph Acidithiobacillus ferrooxidans. Hydrometallurgy. 83: 273-280.

Azcon, R. and Barea, J. M. 1992. Nodulation, N_2 Fixation (N^{15}) and N nutritional relationships in mycorrhizal or phosphate- amended alfalfa plants. Symbiosis. 12:33-41.

Aziz, T. and Habte, M. 1989. Influence of inorganic N on mycorrhizal activity, nodulation and growth of *Leucaena leucocephala* in an oxisol subjected to simulated erosion. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 20: 239-251.

Azzazy, M. A., Maksoud, M. A., and haggag, L. F. 1994. Biological farming and sulfur application for improvement Fe, Zn and Mn uptake by guava, (*Psidium guajava* L.) seedlings grown on calcareous soil. Ann. Agric. Sci. 39(2): 731-738.

Baltruschat, H. and Dehne, H. W. 1988. The occurrence of vesicular- arbuscular mycorrhiza in agroecosystems: I. Influence of nitrogen fertilization and green manure in continuous monoculture and in crop rotation on the inoculum potential of winter wheat. Plant and Soil. 107: 279- 284.

Barea, J. M. and Azcon-aguilar, C. 1982. Production of plant growth-regulating substances by the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae*. Appl. Environ. Microbiol. 43: 810-813.

Bardiya. M. C., Narula, N., and vyas, S. R. 1982. Effect of inoculation of thiobacillus on the Lucerne crop growing alkail soils. J. Res.11(4): 286-290.

Besharaty, H., Khavazi, K. and Saleh-Rastin, N., 2002. Evaluation of some carriers for Thiobacillus inoculats used along with sulfur to increase uptake of some nutrients by corn and improve its performance. J. Plant Nutr. 92: 672-673.

Bethlenfalavy, G. J., Schreiner, R. P. and K. L. Mihara. 1997. Mycorrhizal fungi effects on nutrient composition and yield of soybean seeds. J. Plant Nutr. 20: 581-591.

Bethlenfalavy, G. J., Bayne, H. G. and Pacovsky, R. S. 1983. Parasitic and mutualistic associations between a mycorrhizal fungus and soybean: The effect of phosphours on host plant endophyte interactions. Physiol. Plant. 57: 543-548.

Blake-Kalff, M. M. A., Harrison. K. R., Hawkesford, M. J., Zhao, F. J. and McGrath, S. P. 1998. Allocation of sulphur with in oilseed rape (Brassica napus L.) leaves inresponse to sulphurdeficiency. Physiologia Plantarum. 118:1337 1344.

Black, R. and Tinker, P. B. 1979. The development of endomycorrhizal root systems: In: Effect of agronomic factors and soil conditions on the development of vesicular- arbuscular mycorrhizal infection in barley and on the endophyte spore density. New Phytol. 83: 401-413.

Bolan, N. S. 1991. A critical review of the role of mycorrizal fungi in the uptake of phosphours by plants. Plant and Soil. 134: 189-207.

Bowen, G. D. and Rovira, A. D. 1999. The rhizosphere and its management to improve plant growth. Adv. Agron. 66: 1-102.

Bryla, D. R, and Eissenstat, D. M. 2005. Respiratory costs of mycorrhizal associations. In: Lambers H, Ribas-Carbo M (eds) Plant respiration: from cell to ecosystem. Springer. Dordrecht. Pp: 207–224.

Burke, J. J., Holloway, P. and Dalling, M. J. 1986. The effect of sulphur deficiency on the organization and photosynthetic capability of wheat leaves. J. Plant Physiol. 125: 371-375.

Busse, M. D. and Ellis, J. R. 1985. Vesicular-arbuscular mycorrhizal (Glomus fasiculatum) influence on soybean drought tolerance in high phosphorus soil. Can. J. Bot. 63: 2290-2294.

Chapman, S. J. 1990. Thiobacillus populations in some agricultural soils. Soil Biol. Biochem. 22: 479–482.

Cook, R. J. 1984. Root health: Importance and relationship to farming practices. P 111 127. In D. F. Bezdicek and H. F. Power (ed) Organic farming: Current technology and its role in sustainable agriculture. ASA Spec. Publ. 46. ASA, CSSA and SSSA, Madison, WI.

Cooper, K. M. 1984. Phisiology of VA mycorrhizal associations. P. 155-186. In C.LI.Powell and D. J. Bagyaraj (ed). VS mycorrhiza. CRC Press, Boca Raton, FL.

Crookston, R. K., Kurle, J. E., Copeland, P. J., Ford, J. H. and Lueschen, W. E. 1991. Rptayional cropping sequence affects yield of corn and soybean. Agron. J. 83: 108-113.

Dadhich, L. K. and Gupta, A. K. 2005. Growth and yield of fodder pearl millet as influenced by sulphur, zinc and intercropping with cowpea. Fertilizer News. 50(3): 55-57.

Davies, Jr. F. T., C. M. Calderon and Z. Huaman. 2005. Influence of arbuscular mycorrhizae indigenous to peru and a flavonoid on growth, yield, and leaf elemental concentration of "yungay" potatoes. Hort. Sci. 40(2): 381-385.

Dewal, G. S. and Pareek, R. G. 2004. Effect of phosphorus, sulphur and zinc on growth, yield and nutrient uptake of wheat (Triticum aestivum). Indian J. Agron. 49(3):160-162.

Dodd, J. C. 2000. The role of arbuscular mycorrhizal fungi in agro- and natural ecosystems. Agriculture. 29(1): 62-70.

Dold, B., Blowes, D. W., Dickhout, R., Spangenberg, J. E. and Pfeifer, H. R. 2005. Low molecular weight carboxylic acids in oxidizing porphyry copper tailings. Environ Sci. Technol. 37, 2212-2221.

Donald, C. M. 1962. In search of high yield. Journal of Agriculture. Science. 28: 171-178.

Drobner, E., Huber, H. and Stetter, K. O. 1990. Thiobacillus ferrooxidans, a facultative hydrogen oxidizer. Appl Environ Microb. 56: 2922-2923.

Dwivedi, A. K. and Bapat, P. N. 1998. Sulphur phosphorus interaction on the synthesis of nitrogenous fractions and oil in soybean. J. Indian Soc. Soil Sci. 46: 254-257.

Ekin, Z. 2010. Performance of phosphate solubilizing bacteria for improving growth and yield of sunflower (*Helinthus annuus* L.) In The presence of phosphorus fertilizer. African Journal of Biotechnology.9 (25): 3794-3800.

El-Habbasha, S. F., Abd El Salam, M. S. and kabesh, M. O. 2007. Response of two sesame varieties (*Sesamum indicum* L.) to partical replacement of chemical fertilizers by bio-organic fertilizers. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences. 3: 563-571.

Entry, J. A., Rygiewicz, P. T., Watrud, L. S., Donnelly, P. K. 2002. Influence of adverse soil conditions on the formation and function of arbuscular mycorrhizas. Adv. Environ. Res. 7: 123–138.

Fitter, A. H. 1991. Costs and benefits of mycorrhizas: Implications for functioning under natural conditions. Experientia. 47: 350-35.

Fixen, P. E., Gerwing, J. R. and Farber, B. G. 1984. Phosphours requirements of corn soybeans following fallaw. p.72-80. In Southeastern farm report. Agric. Exp. Stn., Dep. of plant Science, South Dakota State Univ., Brooking, SD.

Fransis, D. and Piekielek, D. 2000. Assesing crop nitrogen needs with chlorophyll meters. The Site-Specific Management Guidelines Series. Potas and Phosphate Institute (PPI). Coordinated by South Dakota State University (SDSU).

Fredeen, A. L. and N. Terry. 1987. Influence of vesicular-arbuscular mycorrhizal infections and soil phosphorus level on growth and carbon metabolism of soybean. Canadian Journal of Botany. 66: 2311-2316.

Flavio, H., Gutierrez, B., Prystupa, P. and Gustava, F. 2007. Seed number and yield determination in sulfur deficient soybean crops. J. Plant Nutr. 30(1): 93-104.

Fullington, J. G, Miskelly, D. M., Wrigley, C. W. and Kasarda, D. D. 1987. Quality related endosperm proteins in sulphur-deficient and normal wheat grain. J. Cereal Sci. 5: 233-245.

Furlan, V. and Bermier-Cardou, M. 1989. Effects of N, P, and K on formation of vesicular-arbuscular mycorrhizae, growth and mineral content of onion. Plant and Soil. 113:167-174.

Garcia, I., Mendoza, R. and Pomar, M. C. 2012. Arbuscular mycorrhizalsymbiosis and dark septate endophytes under contrasting grazing modes in the Magellanic steppe of Tierra del Fuego. Agri, Ecosys and Envir. 122: 1-1.

Gavito, M. E., Curtis, P. S., Mikkelson, T. N. and Jakobsen, I. 2000. Atmospheric CO_2 and mycorrhizae effect on biomass allocation and nutrient uptake of nodulated pea (Pisum sativum L.) plants. Journal of Experimental Botany. 51(352): 1931-1938.

Gilbert, S., Clarkson, D. T., Cambridge, M., Lambers, H. and Hawkesford, M. J. 1997. Sulphate-deprivation has an early effect on the content of ribulose 1,5 bisphosphatecarboxylase/oxygenase and photosynthesis in young leaves of wheat. Plant Physiol. 115: 1231-1239.

Gomez, J. M., Cantero, D. and Webb, C. 2000. Immobilization of *Thiobacillus ferrooxidans* cells on nickel alloy fiber for ferrous sulfate oxidation. Journal Applied Microbiology Biotechnology. 54: 335-340.

Gonzalez-Toril, E., Llobet-Brossa, E., Casamayor, E. O., Amann, R. and Amils, R. 2003. Microbial ecology of an extreme acidic environment, the Tinto River. Appl Environ Microbiol. 69: 4853-4865.

Graham, J. H. and Abbott, L. K. 2000. Wheat responses to aggressive and non-aggressive arbuscular mycorrhizal fungi. Plant Soil. 220:207–218.

Graham, J. H. and Eissenstat, D. M. 1998. Field evidence for the carbon cost of citrus mycorrhizas. New Phytol. 140: 103-110.

Graham, J. H. and Syvertsen, J. P. 1984. Influence of vesicular arbuscular mycorrhiza on the hydraulic conductivity of roots of two citrus rootstocks. New Phytol. 97: 277-284.

Grimoldi, A. A., Kavanová, M., Lattanzi, F. A., Schaufele, R. and Schnyder, H. 2006. Arbuscular mycorrhizal colonization on carbon economy in perennial ryegrass: quantification by (CO_2)-^{13}C/ (CO_2)-^{12}C steadystate labelling and gas exchange. New Phytol. 172:544-553.

Gutierrez Boem, F. H., Prystupa, P. and Ferraris, G. 2007. Seed number and yield determination in sulfur deficient soybean crops. J. Plant Nutr. 30(1): 93-104.

Hallberg, K. B. and Lindstrom, E. B. 1994. Characterization of Thiobacillus caldus sp. nov., a moderately thermophilic acidophile. Microbiology. 140: 3451-3456.

Hamel, C. and Smith, D. L. 1991. Interspecific N transfer and plant development in a mycorrhizal field- grown mixture. Soil Biol. Biochem. 23: 661-665.

Harley, J. L. and Smith, S. E. 1983. Mycorrhizal Symbiosis. Academic Press, NewYork. P. 483.

Harinikumar, K. M. and Bagyaraj, D. J. 1988. Effect of crop rotation on Native vesicular- arbuscular mycorrhizal propagules in soil. Plant and Soil. 110: 77-80.

Heggo, A., Angle, J. S. and Chaney, R. L. 1990. Effects of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on heavy metal uptake by soybeans. Soil Biol. Biochem. 22(6): 865-869.

Hwang, S. F., Chang, K. F. and Chakravarty, P. 1992. Effects of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi on the development of Verticillium and Fusarium wilts of alfalfa. Plant Disease. 76(3): 239- 243.

Jackson, R. M. and Mason, P. A. 1984. Mycorrhiza. Edward Arnold, Ltd., London. Pp: 60. ISBN. 0-7131- 2876-3.

Jaggi, R. C., Aulakh, M. S. and Sharma, R. 2005. Impacts of elemental S applied under various temperature and moisture regions on pH and available P in acidic, neutral and alkaline soils. Biol. Fert. Soils. 41: 52–58.

Johnson, C. R., Jarrell, W. M. and Menge, J. A. 1984. Influence of ammonium: nitrate ratio and solution pH on mycorrhizal infection, growth and nutrient composition of *Chrysanthemum morifolium* var. Circus. Plant and Soil. 77:151 -157.

Johnson, I. R., Melkonian, J. J., Thornley, J. M. H. and Riha, S. J. 1991. A model of water flow through plants incorporation shoot/root 'message' control of stomatal conductance. Plant Cell Environ. 14:431-544.

Johnson, N. C., Copeland, P. J. Crookston, R. K. 1992. Mycorrhizae: A possible explanation for yield decline associated with continuous cropping of corn and soybean. Agron. J. 84:387-390.

Jakobsen, I. and Rosendahl, L. 1990. Carbon flow into soil and external hyphae from roots of mycorrhizal cucumber plants. New Phytol. 115: 77–83.

Jansa, J., Mozafar, A. and Frossard, E. 2005. Phosphorus acquisition strategies within arbuscular mycorrhizal fungal community of a single field site. Plant Soil. 276: 163–176.

Janzen, H. and Bettani, H. 1987. The effect of temperature and water potential on sulfur oxidation in soils. Soil Scie. 144: 81–89.

Jones, M. D., Smith, S. E. 2004. Exploring functional definitions of mycorrhizas: are mycorrhizas always mutualisms? Can J. Bot. 82: 1089-1109.

Kacar, B. and Katkat, A.V. 2007. Plant Nutrition. 3th ed. Nobel Press; Ankara, Turkey.

Kamimura, K., Higashino, E., Moriya, S. and Sugio, T. 2003. Marine acidophilic sulfuroxidizing bacterium requiring salts for the oxidation of reduced inorganic sulfur compounds. Extremophiles. 7: 95-99.

Kandasamy, G., Manchoram, V. and Thangovelu, S., 1990. Variability of metric traits and character association in sesame in two seasons. Sesame and Sunflower Newsletter. 5: 10-15.

Karmokar, J. L., Clarkson, D. T., Saker, L. R., Rooney, J. M. and Purves, J. V. 1991. Sulphate deprivation depresses the transport of nitrogen to the xylem and the hydraulic conductivity of barley (Hordeum vulgare L.) roots. Planta. 185: 269-78.

Kelly, D. P. and Wood, A. P. 2000. Reclassification of some species of Thiobacillus to the newly designated genera Acidithiobacillus gen. nov., Halothiobacillus gen. nov. and Thermithiobacillus gen. nov. Int. J. Syst. Evol. Microbiol. 50:511-516.

Khodaei R., Mini, A., Golati, V. N. and Shokla, P. 1998. Changes in soil nitrogen and phosphorus in soybean cultivation associate with phosphorus solubilizing bacteria. 3ed National Conference in Development and Application of Biological Materials Using Fertilizers and Pesticides in Agriculture. Karaj. Iran. Pp: 303.

Killham, K. 1994. Soil Ecology. University of Cambridge Press. Pp: 141-150.

Koide, R. T. 1991. Nutrient supply, nutrient demand and plant response to mycorrhizal infection. New Phytol. 117: 365-386.

Koide, R. T. and Li, M. 1990. On host regulation of the vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. New Phytol. 114: 59-65.

Kothari, M. L. and Jethra, J. K. 1994. Available sulphur status of soils of semi-arid eastern plain zone of Rajasthan. In: Diamond Jubilee National Seminar of Indian Society of Soil Science, held at New Delhi.

Krishnamurthi, V. V. and marhan, K. K. 1996. Studies on the influence of sulfur and magnesium on the quality of sunflower oil. J. Indian soc. soil sci. 44: 108-109.

Kucey, R. M. N., Paul, E. A. 1983. Vesicular-arbuscular mycorrhizal spore populations in various Saskatchewan soils and the effect of inoculation with *Glomus mosseae* ob faba bean growth in greenhouse and field trials. Can. J. Soil Sci. 63: 87-95.

Kumar, V. and Singh, M. 1981. Effect of sulphate, phosphate and molybdenum application on quality of soybean. Plant Soil. 59: 3-8.

Kumutha, K., Sempaulan, J. and Krishnan, P. S. 2004. Effect of insoluble phosphate and dual inocolattion on Soybean. In: Kannaryan, S., Kumar, K., Gouidarajan, K. (eds), Biofertilizer, Pp: 354-358.

Kusano, T., Takeshima, T., Inoue, C. and Sugawara, K. 1991. Evidence for 2 sets of structural genes-coding for ribulose bisphosphate carboxylase in Thiobacillus ferrooxidans. J. Bacteriol. 173: 7313-7323.

Lambert, D. H. and Weidensaul, T. C. 1991. Element uptake by Mycorrhizal soybean from sewagesludge-treated soil. Soil Sci. Soc. Am. J. 55: 393-398.

Lawrence, J. R. and Germida, J. J. 1991. Enumeration of sulfur-oxidizing populations in Saskatchewan agricultural soils. Can. J. Soil Sci. 71: 127–136.

Lawrence, J. R. and Germida, J. J. 1988. Relationship between microbial biomass and elemental sulfur oxidation in agricultural soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 52: 672–677.

Lee, A. and Bagyaraj, D. J. 1986. Effect of soil incoulation with vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi and either phosphate rock dissolving bacteria or Thiobacilli on dry matter production and uptake of phosphorus by tomato plants. NZ. J. Agric. Res. 29(3): 525-531.

Lefroy, R. D., Sholeh, B. and Blair, G. 1997. Influence of sulfur and phospgorus placement, and sulfur particle size, on elemental sulfur oxidation and the growth response of maize (Zea mays). Aust. J. Agr. Res. 48: 485–495.

Li, H. Y., Smith, F. A., Dickson, S., Holloway, R. E. and Smith, S. E. 2008. Plant growth depressions in arbuscular mycorrhizal symbioses: not just caused by carbon drain? New Phytol. 178:852-862.

Linli, X., George, E. and Marschner, H. 1991. Extension of the phosphorus depletion zone in VA-mycorrhizal white clover in a calcareous soil. Plant and Soil. 134: 61-61.

Li, S., Lin, B. and Zhou, W. 2000. Oxidation of elemental S in some soils in China. Pedosphere. 10: 105–112.

Li, X. L., Marschner, H. and George, E. 1991. Acquisition of phosphorus and copper by V A-mycorrhizal hyphae and root to shoot transport in white clover. Plant and Soil. 136:49-57.

Langham, R., Riney, D., Smith, J. and wiemers, T. 2008. Sesame Grower. Sesame Corporation. Pp: 1-30.

Lukiwatid, D. R. and Simanungkalit, R. D. M. 2002. Dry matter yield, N and P uptake of soybean with Glomus manihotis and Bradyrhizobium japonicum. 17th World Congress of Soil Science, 14-21 August, Thailand. Pp: 1190-1198.

Majumdar, B., Venkatesh, M. S., Lal, B. and Kumar, K. 2001. Reponse of soybean (Glycine max) to phosphorus and sulphur in acid alfisol of Meghalaya. India J. Agron. 46(3): 500-505.

Malakoti M. J., and Sepehr, A. 2002. Optimum Nutrition for oilseeds. Proceeding Khaniran Press. Pp. 452.

Manaffee, W. F. And Kloepper, J. W. 1994. Applications of plant growth promoting rhizobacteria in sustainable agriculture. In: Soil biota management in sustainable farming syshoots, Pankburst, C. E., Doube, B. M., Gupta, V. V. S. R., and Grace, P. R., eds Pp: 23-31. CSLRO, pub. East Melbourne: Australia.

Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plant. Academic press. London.

Mathur, N. and Vyas, A. 2000. Influence of arbuscular mycorrhizae on biomass production, nutrient uptake and physiological changes in Ziziphus mauritiana Lam. under water stress. J. Arid Envir. 45: 194-195.

Maurya, K. L., Sharma, H. P., Tripathi, H. P. and Singh, S. 2005. Effect of nitrogen and sulphur application on yield attributes, yield and net returns of winter maize (Zea mays L.). Haryana J. Agron 21(2):112-14.

McGonigle, T. P., Evans, D. G. and Miller, M. H. 1990. Effect of degree of soil disturbance on mycorrhizal colonization and phosphours absorption by maize in growth chamber abd field experiments. New Phytol. 116: 629-636.

McGrath, S. P., Zhao, F. J. and Withers, P. J. A. 1996. Development of sulphur deficiency in crops and its treatment. Proceedings of the Fertilizer Society, No. 379. Peterborough, The Fertilizer Society.

Medina, O. A., Sylvia, D. M. and Kretschmer, A. E. 1998. Response of siratro to vesicular-arbuscular mycorrhizael fungi: I. selection of effective vesicular-arbuscular fungi in amended soil. Soil Science Society of American Journal. 52: 416-419.

Menge, J. A., 1983. Utilization of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in agriculture. Can. J. Bot., 41: 1012-1026.

Messick, D. L. and Fan, M. X. 1999. The role of sulfur fertilizer in oil crop production. IFA Regional conference for Asia and The pacific. 14-17 NOV. Kuala Lumpur, Malaysia.

Miller, R. M. and Jastrow, J. D. 1992. The role of mycorrhizal fungi in soil conservation. Proceedings of a symposium on mycorrhizae in sustainable agriculture. Bethlenfalvay, G.J. and Linderman, R.G. (Eds.). ASA Special Publication. No. 54. Madison, Wisconsin. USA. Pp. 29-44.

Mkhabela, M. S and Warman, P. R. 2005. The influence of municipal solid waste compost on yield, soil phosphorus availability and uptake by two vegetable crops grown in a Pugwash sandy loam soil in Nova Scotia. Agriculture. Ecosystems and Environmental. 106: 57-67.

Morvedt, J. J., Giordano, P. M. and Lindsay, W. L. 1991. Micronutrient in agriculture. Soil Sci. Soc. Am. Inc. Madison, Wisconsin USA.

Moss, H. J., Wrigley, C. W., MacRitchie, F. and Randall, P. J. 1981. Sulphur and nitrogen fertilizer effects on wheat. II. Influence on grain quality. Aust. J. Agr. Res. 32: 213-226.

Mukerji, K. G. and Chamola, B. P. 2003. Compendium of Mycorrhizal Research. A.P.H. Publisher. New Delhi. Pp. 310.

Mukherjee, D., and Singh, R. K. 2002. Influence of sulphur, iron and silicon nutrition on growth and yield of irrigated mustard. Haryana J. Agron 18(1 and 2):50-52.

Munkvold, L., Kjøller, R., Vestberg, M., Rosendahl, S. and Jakobsen, I, 2004. High functional diversity within species of arbuscular mycorrhizal fungi. New Phytol. 164: 357–364.

Nair, S. K., Peethambaran, C. K., Geetha, N. K. and Wilson, K. I. 1990. Effect of soil solarization on nodulation, infection by mycorrhizal fungi and yield of cow pea. Plant and Soil. 125: 153-154.

Nelsen, C. E., Bogliano, N. C., Furutani, S. C., Safir, G. R. and Sandstra, B. H. 1981. The effect of soil phosphours levels on mycorrhizal infection of field grown onion plants and on mycorrhizal reproduction. J. Am. Sec. Hortic Sci. 106: 786-788.

O' Halloran, I. P., Miller, M. H. and Arnold, G. 1986. Absorption of P by corn (*Zea mays L.*) as influenced by soil disturbance. Can. J. Soil Sci. 66: 287-302.

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

Pallai, R. 2005. Effect of plant growth-prompting Rhizobacteria on canola (*Brassica napus* L.) and lentil (Lens culinaris. Madik) plants. Thesis for the degree of master of Science. University of Saskatchewan. Saskaton. 157 p.

Parniske, M. 2008. Arbuscular mycorrhiza: the mother of plant root endosymbioses. Nat. Rev. Microbiol. 6: 763–775.

Paul, E. A. and Clark, F. E. 1989. Soil Microbiology and Biochemistry. Academic Press Incorporation. P.283.

Philips, J. M., and Hayman, D. S. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Transactions of British Mycological Society. 22: 121-141.

Pond, E. C., Menge, J. A. and Jarrell, W. M. 1984. Improved growth of tomato in salinized soil by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi collected from saline soils. Mycologia. 76(1): 74-84.

Powell, L., Conway, I. and Bagyaraj, D. J. 1984. VA Mycorrhiza, CRC Press, Boca Raton FL. Pp: 1-3.

Qiangsheng, W., Renxue, X. and Zhengjia, H. 2006. Effect of arbuscular mycorrhiza on the drought tolerance of Poncirus trifoliate seedings. Journal Frontier of Foresty in china. 1(1): 100-104.

Ramamoorthy, K., Ramasamy, A. and Vairavan, M. 1996. Effect of source and level of sulphur on production of soybean (Glycine max). Indian J. Agron. 41(4): 654 -655.

Roy, R. N., Finck, A., Blair, G. J. and Tandon, H. L. S., 2006. Plant nutrition for food security: a guide for integrated nutrient management. FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bullitin. 226- 231.

Ruiz-Lozano, J. M. 2003. Arbuscular mycorrhhizal symbiosis and alleviation of osmotic stress, new perspectives for molecular studies. Mycorrhizal.

Sameni, A. M. and Kasaraian, A., 2004. Effect of agricultura; sulfur on characteristics of different calcareous soils from dry region of Iran. disintegration rate of agricultural sulfur and its effects on chemical properties of the soils. Soil Science and Plant Analysis. 35(9): 1219-1234.

Same, B. I., Robson, A. D. and Abbott, L. K. 1983. Phosphours, soluble carbohydrates and endo mycorrhizal infection. Soil Biol. Biochem. 15: 593-597.

Sanchez-Diaz, M., Honrubia, M. 1994. Water relations and alleviation of drought stress in mycorrhizal plants. In: Gianizazzi, S. and Schuepp, H. (eds.) Impact of Arbuscular Mycorrhizas on Sustainable Agriculture and Natural Ecosystems. Pp. 167-178. Birkhauser Verlag, Basel/Switzerland.

Sanhita-Gupta, D., Dilp, K., Arora, K. D. and Srivastava, K. 1995. Growth Promotion of tomato plants by rhizobacteria and impostio of energy stress on *Phizoctonia solani*. Soil Biol. Biochem. 27: 1051-1058.

Schultz, C. 2001. Effect of (vesicular-arbuscular) mycorrhiza on survival and palms (Elaeis guineesis Jacq.). Ph.D. Thesis. The University of Gottingen. 160p.

Scholtz, R. C., Colletti, J. P. and Faltonson, R. R. 1995. Agroforestry oppprtunities for the United States of America. Agrofor. Sys. 31:117-142.

Sharma, A. K. 2003. Biofertilizers for sustainable agriculture. Agrobios. (India). 407 Pp.

Sharma, A. K. and Johri, B. N. 2002. Arbuscular Mycorrhizae, Interaction in plants, rhizosphere and soils. Oxford and IBH Publishing. New Delhi. P. 308.

Sharma, P. K. and Manohar, S. S. 2002. Response of wheat (Triticum aestivum) to nitrogen and sulphur and their residual effect on succeeding peralmillet (Pennisetum glaucum). Indian. J. Agron. 47(4): 473-476.

Sharmila, V., Krishnamoorthy G. S. and Gunasekaran, M. 2007. Generation mean analysis for quantitative traits in sesame (*Sesamum indicum* L.) crosses. Genetics and Molecular Biology. 1(30): 80- 84.

Shinde, D. B., Patil, P. L. and Khade, K. K. 1996a. A study on sulphur bio-fertilization of greengram for yield and quality. Journal of Maharastra Agricultural University. 21: 365-367.

Shinde, D. B., Patil, P. L. and Patile, B. R. 1996b. Potential use of sulfur oxidizing microorganisms as soil inoculant. Crop Research. 11: 291-295.

Shukla, S. K. and Lal, M. 2007. Growth, quality and economics of plant and ratoon sugarcane as influenced by doses and sources of sulphur. Indian J. Agron. 52: 168-171.

Simon, L., Bousquet, J., Levesque, R. C. and Lalonde, M. 1993. Origin and diversification of endomycorrhizal and coincidence with vascular plants, Nature. 363: 67-69.

Singh, D. and Singh, V. 1995. Effect of potassium, zinc and sulphur on growth characters, yield attributes and yield of soybean. Indian J. Agron. 40(2): 223 -227.

Singh, S. P. and Bansal, K. N. 1999. Influence of nitrogen, its application time and sulphur on nitrogen, phosphorus and sulphur uptake by soybean (Glysine max). Haryana J. Agron 15(1): 30-34.

Singh, V., Chauhan, Y. S. and Tripathi, N. K. 1987. Comparative efficacy of level of nitrogen and sulphur to production and biochemical value of till (Sesamum indicum L.) var. C-6. Res. Dev. Rep. 4(2): 213-217.

Sing, A. L. and Chaudhari, V. 1997. Sulfur and micronutrient of groundnut in calcareous soil. J. Agron. Crop Sci. 179: 107-114.

Smith, S. E. and Read, D. J. 2008. Mycorrhizal symbiosis. Academic Press, New York.

Smith, S.E. and Read, D. J. 1997. Mycorrhizal Symbiosis (2nd Edition). Academic Press: London, UK. p. 402.

Smith, F. A. and Smith, S. E. 1996. Mutualism and parasitism: diversity in function and structure in the "arbuscular" (VA) mycorrhizal symbiosis. Adv. Bot. Res. 22: 1–43.

Sreenivasa, M. N. and Krishnaraj, P. U. 1992. Synergistic interaction between VA mycorrhizal fungi and a phosphate solubilizing bacterium in chilli (Capsicum annnum). Zentralblatt-Fur-Mikrobiologie. 147(1-2): 126-130.

Stamford, N. P., Freitas, A. D., Ferraz, D. S. and Santos, C. E. R. S. 2002. Effect of sulfur inoculated with Thiobacillus on saline soils amendment and growth of cowpea and yam bean legumes. J. Agric. Sci. 139: 275-281.

Stermska, J. 1975. Mycorrhizae in farm crops grown in monoculture P. 527-535. In F.E. Sanders et al. (ed). Endo mycorrhiza. Academic Press, New York.

Subramanian, K. S., Charest, C., Dwyer, L. M. and Hamilton, R. I. 1997. Effect of arbuscular mycorrrhizae on leaf water potential, sugar content, and P content during drought and recovery of maize. Can. J. Bot. 75(9): 1582-1891.

Sudhir S. D., Deshande U. S., and Salunkhe, D. K., 1996. Sesame oil. Bailey's Industrial Oil and Fat Product. 5th Edition. 2: 457-491.

Suja, K. P., Abraham,J. T., Thamizh, S. N., Jayalekshmy, A. and Arumugham, C. 2004. Antioxidan efficacy of sesame cake extract in vegetable oil protection. Food Chem. 84: 393-400.

Sylvia, D. M. and Neal, L. H. 1990. Nitrogen affects the phosphours response of VA mycorrhiza. New Phytol. 115: 303-310.

Sylvia, D. M. 1992. Quantification of external hyphae of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. Methods Microbiol. 24:53-66.

Sylvia, D. M. and Williams, S. E. 1992. Vesicular-arbuscular mycorrhizae and environmental stress. In: Mycorrhizae in Sustainable Agriculture. G.J. Bethlenfalvay and R.G. Linderman (eds.). ASA special Publication, Number 54, Madison Wisconsin. 101-124.

Szaboles, I. 1991. Desertification and salinization. Plant Salinity Research. In: Choukr -Allah, R.(Ed.), New Challenges. Pp. 3–18.

Tandon, H. L. S. 1991. Sulphur Research and Agriculture Production in India, 3rd ed. The sulphur Institute, Washington, DC, USA.

Taylor, T. N., Remy, W., Hass, H. and Kerp, H. 1995. Fossil arbuscular mycorrhizae from the Early Devonian., Mycologia 87: Pp. 560-573.

Teresa, M., Novo, M., Alba, C., Ronaldo, M., Paula, C., Antonia, C. & et al. 2000. *Thiobacillus ferrooxidans* response to copper and other heavy metals: growth, protein synthesis and protein phosphorylation. *Antonie van Leeuwenhoek*. 77: 187–195.

Thompson, H. P. and Wildermuth, G. B. 1988. Colonization of crop and pasture species with vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus and a negative correlation with root infection by *Bipolaris sorokiniana.* Can. J. Bot. 69:687-693.

Thompson, J. P., Clewett, T. J., Fiske, M. L. and Lister, P. E. 1986. Mycorrhiza research. Role of vesicular-arbuscular mycorrhiza (VAM) in long fallow disorder. P.35-46. Queensland Wheat Res. Inst. Biennial Rep. for 1982-1984. Queensland Dep. of Primary Industries. Toowoombe, Australia.

Thompson, J. P. 1987. Decline of vesicular-arbuscular mycorrhizae in log fallow disorder of field crops and its expression in phosphours deficiency of sunflower. Aust. J. Agric. Res. 38: 847-867.

Thonar, C., Schnepf, A., Frossard, E., Roose, T. and Jansa, J. 2011. Traits related to differences in function among three arbuscular mycorrhizal fungi. Plant Soil. 339: 231–245.

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.

Tisdale, S. L., Nelson, W. L., Beaton, J. D. and Havlin, J. L. 1984. Soil fertility and fertilizers. 4th ed. Mcmillon Publishing Co., New York.

Turk, M. A., Assaf, T. A., Hameed, K. M. and Al-Tawaha, A. M. 2006. Significace of Mycorrhizae. World Journal of Agricultural Sciences. 2(1): 16-20.

Vance, C. P. 2001. Symbiotic nitrogen fixation and phosphorus acquisition Plant nutrition in a world of declining renewable sources. Plant Physiology. 127: 390 -397.

Vessey, J. K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizer. Plant and Soil. 255: 271-586.

Vivekanandan, M. and Fixen, P. E. 1991. Cropping systems effects on mycorrhizal colonization. Early growth and phosphorus uptake of corn. Soil Soc. Am. J. 55:136-140.

Wainwright, M. 1984. Sulfur oxidation in soils. Advances in Agron. 37: 346-396.

Wani, S. P., Sreedvi, T. and Team. 2006. Biodiesel-based opportunities to rehabilitate degraded lands and income generation. International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT). Patancheru p. o. 502324, Andhra Pardesh, India. 32p.

Warrilow, A. G. S. and Hawkesford, M. J. 1998. Separation, subcellular location and influence of sulphur nutrition on isoforms of cysteine synthase in spinach. J. Exp. Bot. 49: 1265-1236.

Watkinson, J. H. and Bolan, N. S. 1998. Modeling the rate of elemental sulfur oxidation in soils. In: Maynard DG (ed) Sulfur in the environment. Canadian Forest Service Pacific Forestry Center, Victoria, British Columbia. Pp: 135–171.

Weir, R. G. 1975. The oxidation of elemental sulfur and sulphides in soils. In McLachlan K. D. (ed.) Sulfur in Australian Agriculture. Sydney Univ. Press, Sydney, Australia. Pp: 40–49.

Wrigley, C. W., Du Cros, D. L., Fullington, J. G. and Kasarda, D. D. 1984. Changes in polypeptide composition and grain quality due to sulphur deficiency in wheat. J. Cereal Sci. 2: 15-24.

Wu, S, C., Cao, Z. H., Li, Z, C., 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.

Wyss, P., Mellor, R. B. and Wiemken, A. 1990. Vesicular-arbuscular of wild-type soybean and non-nodulating mutants with Glomus mossae contain symbiosis-specific polypeptide (mycorrhizins), immunologically cross-reactive with nodulins. Planta. 182: 22-26.

Yano-Melo, A. M., Maia, L. C., Saggin, O. J., Lima-Filho, J. M. and Melo, N. F. 1999. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on the acclimatization of micropropagated banana plantlets. Journal Mycorrhiza. 9(2): 119-123.

Yin. X. and Vyn, T. J. 2005. Relationships of isoflavone, oil and protein in seed with yield of soybean. Agronomy Journal. 97: 1314-1321.

Yin. X. and Vyn, T. J. 2003. Potassium placement effects on yield and seed compositions of no-till soybean seeded in alternative row widths. Agronomy Journal. 95: 126-132.

Yousif, Y. H., Bingham, F. T. and Yermanos, D. M. 1972. Growth, mineral composition, and seed oil of sesame (*Sesamum indicum* L.) as affected by NACL. Soil Sci. Am. Proc. 36: 450-453.

Zahir, A. Z., Arshad, M. and Frankenberger, W. F. 2004. Plant growth promoting Rhizobacteria. Advances in Agronomy. 81: 97-168.

Zhang, H., Charles, T. C., Driscoll, B. T., Prithiviraj, B. and Smith, D. L. 2002. Soybean: Low temperature-tolerance Bradyrhizobium japonicum strains allowing improved soybean yield in short-season area. Agronomy Journal. 95: 870-875.

Zhao, F. J., Hawkesford, M. J., Warrilow, A. G. S., McGrath, S. P. and Clarkson, D. T. 1996. Responses of two wheat varieties to sulphur addition and diagnosis of sulphur deficiency. Plant Soil. 181: 317-327.

Zhi-Hui, Y., Stoven, K., Haneklaus, S., Singh, B. R. and Schnug, E. 2010. Elemental Sulfur Oxidation by Thiobacillus spp. and Aerobic Heterotrophic Sulfur Oxidizing Bacteria. Pedosphere. 20(1): 71-79.

Abstract

In order to investigate the effect mycorrhizal fungi, bacteria Thiobacillus and chemical fertilizers on growth and yield of sesame, a factorial experiment based on randomized complete block design with three replications in the spring of 2012, was conducted at Agricultural University of Sari. The intended factors was in this experiment include fungi mycorrhizal control (no application; m_0) and application (m_1), Thiobacillus bacteria control (no inoculation; tb_0) and (inoculated tb_1) and fertilizer control (no use; f_0), according conventional fertilization consisted of 250 kg ha urea and 100 kg ha triple super phosphate (f_1), and 250 kg per hectare of urea, 100 kg triple super phosphate and 150 kg ha potassium sulfate (f_2). The review determined that some physiological parameters were determined at the maximum leaf area index of 0/94 use of mycorrhizal fungi treatment, Thiobacillus bacteria inoculation and second level fertilizer ($m_1tb_1f_2$) be longs the maximum colonization $m_1tb_1f_2$ treated with 96/66 percent. Also use of the treatment of Mycorrhizal fungi inoculation with Thiobacillus bacteria in creased yield is 42/96 percent relative to the control. Maximum percentage of protein by increasing the 26/31 percent relative to the control treatment use of and mycorrhizal fungi inoculation with Thiobacillus bacteria, respectively. The highest percentage increase in oil 41/19 percent compared to the control treatment, use of mycorrhizal fungi belonging to non-inoculated Thiobacillus bacteria. In treatments phosphorous concentration was determined by the use of mycorrhizal fungi treatment, and second level inoculation with Thiobacillus bacteria of fertilizer (f_2) 253/08 percent increase over the control has maximum concentration of phosphorus. The other elements of the study was carried out determine the use of mycorrhizal fungi treatment, and second level inoculation with Thiobacillus bacteria of fertilizer ($m_0tb_1f_2$) 3/64 percent increase relative to the control maximum amount of potassium and treatment of non-use mycorrhizal fungi, inoculated with bacteria Thiobacillus and second level of fertilizer ($m_0tb_1f_2$) increased compared to the control treatment 300/93 percent respectively.

Shahrood University of Technology

Faculty of Agriculture

M.Sc. Thesis

Investigation of interaction of mycorrhiza, thiobacillus and fertilizers on growth and yield of sesame

Mehran Manafi Noran

Supervisor:
Dr. Manoochehr Gholipoor

Co-Supervisor(s):

Dr. Hemmatollah Pirdashti **M.Sc. Arastoo Abbasian**

Nov. 2013