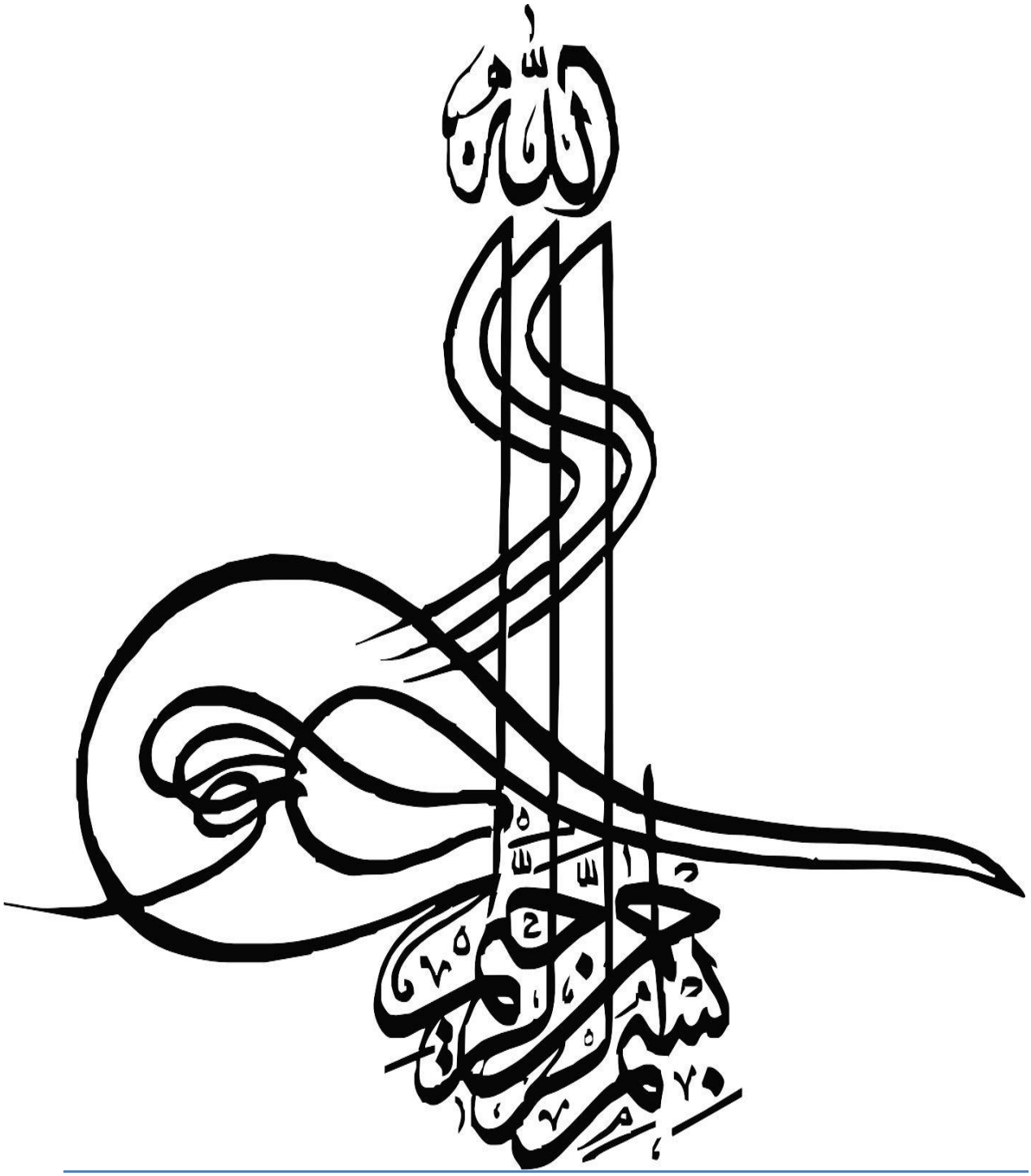

بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده کشاورزی

گروه زراعت

موضوع:

بررسی تاثیر قارچ مایکوریزا و باکتری محرک رشد (PGPR) بر عملکرد، اجزای عملکرد و درصد روغن گیاه کنجد در سطوح مختلف فسفر خاک

دانشجو : مهدی یاورپور

استادان راهنما:

دکتر حمیدرضا اصغری

دکتر هادی قربانی

استادان مشاور:

دکتر همت الله پیردشتی

دکتر حمید عباس‌دخت

پایان نامه ارشد جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

بهار ۱۳۹۲

تعهد نامه

اینجانب مهدی یاورپور دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته اگرواکولوژی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه بررسی اثر قارچ مایکوریزا آرباسکولار و باکتری محرک رشد بر عملکرد، اجزای عملکرد، درصد روغن و درصد پروتئین کنجد در سطوح مختلف فسفر خاک تحت راهنمائی دکتر حمیدرضا اصغری و دکتر هادی قربانی متعهد می شوم .

تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .

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

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

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

*** متن این صفحه نیز باید در ابتدای نسخه های تکثیر شده پایان نامه وجود داشته باشد .**

چکیده

به منظور بررسی تاثیر قارچ مایکوریزا آرباسکولار و باکتری محرک رشد بر عملکرد، اجزای عملکرد و درصد روغن دانه کنجد در سطوح مختلف فسفر، آزمایشی به صورت فاکتوریل در پایه طرح بلوک کامل تصادفی در ٤ تکرار در تابستان ۱۳۹۰، در دانشگاه کشاورزی ساری اجرا گردید. فاکتورهای مورد بررسی در این آزمایش شامل قارچ مایکوریزا (در دو سطح تلقیح و عدم تلقیح)، باکتری محرک رشد (در دو سطح تلقیح و عدم تلقیح) و کود فسفر (در سه سطح ۰، ۳۵ و ۷۰ کیلو گرم) در هکتار بود. نتایج حاصل از مطالعه برخی صفات مورد مطالعه نشان داد مایکوریزا آرباسکولار و باکتری محرک رشد سبب افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته، طول ریشه، تعداد کپسول، تعداد برگ و وزن خشک گیاه شدند. مصرف کود بیولوژیک مایکوریزا آرباسکولار سبب افزایش عملکرد شد بطوری که در این آزمایش بیشترین عملکرد (۱۱۸۰ کیلوگرم در هکتار) از کرت های تلقیح شده با مایکوریزا آرباسکولار بدست آمد. با توجه به اثر متقابل مثبت مایکوریزا و باکتری محرک رشد و تلقیح همزمان این دو که سبب افزایش ۱۲٦/۱۱ درصدی عملکرد نسبت به شاهد گردید. نتایج تجزیه واریانس صفات کیفی نشان داد مصرف باکتری محرک رشد باعث افزایش روغن و پروتئین دانه در گیاه کنجد گردید. بیشترین میزان روغن دانه و پروتئین دانه مربوط به تیمار تلقیح باکتری و سطح ۳۵ کیلوگرم در هکتار فسفر بود (بترتیب ٥٤ و ۱۷/٤ درصد). تیمار تلقیح با مایکوریزا نیز سبب افزایش درصد روغن و پروتئین دانه شد اما از لحاظ آماری معنی‌دار نشد. اثر متقابل مایکوریزا و باکتری محرک رشد تاثیر مثبت بر رشد داشته و سطوح بالای فسفر بر عملکرد مایکوریزا و باکتری محرک رشد تاثیر منفی داشته و سبب کاهش خصوصیات فیزیولوژیک و

مورفولوژیک در گیاه شد. این نتایج بیانگر فواید کودهای بیولوژیک در زراعت گیاه روغنی کنجد است که می تواند در کشاورزی اکولوژیک با اهمیت باشد.

سپاس و ستایش پروردگار بی همتایی را که ذات بی کرانش از علم و دانش است.

در پایان وظیفه خود می‌دانم صمیمانه ترین مراتب قدردانی را تقدیم یکایک عزیزانی نمایم که به نحوی در تکمیل این پایان نامه مرا یاری نمودند.

از خانواده عزیزم به خاطر تمام زندگیم سپاسگزارم.

از استادان راهنمای ارجمندم جناب آقای دکتر حمیدرضا اصغری و جناب آقای دکتر هادی قربانی به خاطر تمامی راهنمایی‌هایشان صمیمانه سپاسگزاری می‌نمایم.

ازجناب آقای دکتر همت الله پیردشتی و جناب آقای دکتر حمید عباس‌دخت مشاورین محترم این پایان نامه به خاطر تمامی راهنمایی‌ها و درک بالای متقابلشان سپاسگزارم.

از استادان محترم جناب آقای دکتر عامریان و آقای دکتر مکاریان که داوری این پایان نامه را پذیرفته و قبول زحمت نمودند، تشکر می کنم.

و از تمام استادان عزیزم که اندیشیدن را به من آموخته‌اند کمال قدردانی را می کنم.

از نماینده محترم تحصیلات تکمیلی جناب آقای دکتر فرخی که زحمت اداره جلسه را متقبل شدند تشکر می کنم.

از همکلاسی‌ها و هم اتاقی‌های عزیزم و همه آنانی که لایق واژه زیبای دوست هستند صمیمانه سپاسگزارم.

زیبایی علم در این است

که پیوسته به این نتیجه می‌رسی که

هنوز هم چیزی هست که تو نمی‌دانی...

مهدی یاورپور بهار ۱۳۹۲

تقدیم به:

صاحبان برترین مقام

پدر و مادر مهربانم

فهرست مطالب

عنوان.....شماره

صفحه

فصل اول: مقدمه

۱-۲-کلیاتی در مورد کنجد.....۱

فصل دوم: کلیات

۲-۱- شرایط اکولوژی و رویشی کنجد.....۱

۲-۲- دانه‌های روغنی و کنجد.....۳

۲-۳- تاریخچه کشت کنجد در ایران و جهان.....٤

۲-٤- سطح زیر کشت و تولید کنجد و سایر دانه‌های روغنی در ایران.....۵

۲-۵- پروتئین کنجد.....٦

۲-٦-روغن کنجد.....۷

۲-۷- موارد استفاده کنجد.....۸

۲-۸-کودهای زیستی.....۹

۲-۸-۱-تاریخچه مایکوریزا.....۱۰

۲-۸-۲-رابطه همزیستی مایکوریز آرباسکولار.....۱۲

۲-۸-۳-باکتری‌های ریزوسفری.....۱۳

فهرست مطالب

عنوان..... شماره صفحه

فصل سوم: بررسی منابع

۳-۱-۱- اثر شخم و جابجایی لایه‌های خاک بر فعالیت و پویایی مایکوریزا.....۱۷

۳-۱-۲- اثر آیش بر فعالیت و پویایی مایکوریزا.....۱۷

۳-۱-۳- اثر تناوب زراعی بر فعایت و پویایی مایکوریزا.....۱۸

۳-۱-٤- اثر کودهای شیمیایی مورد استفاده بر جمعیت مایکوریزا.....۱۹

۳۱-۲- فوائد رابطه همزیستی مایکوریزایی.....۲۱

۳-۲-۱- تأثیر بر جذب عناصر غذایی.....۲۱

۳-۲-۲- افزایش مقاومت به خشکی.....۲٤

۳-۲-۳- افزایش مقاومت به شوری.....۲٦

۳-۲-٤- افزایش مقاومت گیاه به عوامل بیماری‌زای ریشه.....۲۸

۳-۲-۵- تولید هورمون‌های محرک رشد گیاه.....۲۹

۳-۲-٦- افزایش مقاومت گیاه به تنش‌های ناشی از تراکم خاک و اصلاح ساختمان خاک.....۳۰

۳-۳- عوامل مؤثر بر همزیستی مایکوریزایی.....۳۱

۳-۳-۱- روابط متقابل مایکوریزا، باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن و سایر میکروارگانیسم‌های خاک.....۳۱

فهرست مطالب

عنوان..... شماره صفحه

۳-۳-۲- فرآیند کلونیزه شدن ریشه..... ٤٠

۳-٤-۱- باکتری ازتوباکتر..... ٤٣

۳-٤-۲- باکتری آزوسپریلیوم..... ٤٤

۳-٤-۳- اثرات مفید باکتری‌های محرک رشد بر گیاهان..... ٤٧

۳-٤-۳-۱- اثرات مثبت بر توسعه سیستم ریشه‌ای..... ٤٧

۳-٤-۳-۲- تولید مواد تحریک کننده رشد گیاهی..... ٤٩

۳-٥- تأثیر کود بیولوژیک روی کنجد و برخی از گیاهان زراعی..... ٥٢

۳-٦- کود شیمیایی فسفر..... ٥٩

۳-٦-۱- اهمیت کود فسفر در دانه‌های روغنی..... ٦٠

فصل چهارم: مواد و روش‌ها

٤-۱- موقعیت محل و زمان اجرای طرح..... ٦٣

٤-۲- مشخصات خاک و محل آزمایش و بذر مورد استفاده..... ٦٣

٤-۳- پیاده نمودن نقشه آزمایشی..... ٦٣

٤-۳-۱- طرح آزمایش..... ٦٣

فهرست مطالب

عنوان..... شماره صفحه

٤-٣-٢- تلقیح بذر..... ٦٤

٤-٤- عملیات زراعی..... ٦٤

٤-٤-١- آماده سازی زمین..... ٦٤

٤-٤-٢- عملیات کاشت..... ٦٥

٤-٤-٣- عملیات داشت..... ٦٥

٤-٤-٣-١- آبیاری..... ٦٥

٤-٤-٣-٢- تنک کردن..... ٦٥

٤-٤-٣-٣- مبارزه با علف‌های هرز و وجین..... ٦٥

٤-٤-٤- عملیات برداشت..... ٦٦

٤-٥- نمونه برداری‌ها..... ٦٦

٤-٥-١- نمونه برداری جهت اندازه‌گیری صفات مورفولوژیک و شاخص‌های رشد گیاه..... ٦٦

٤-٥-٢- نمونه‌برداری جهت اندازه‌گیری عملکرد دانه و شاخص برداشت..... ٦٦

٤-٥-٣- نمونه‌برداری جهت اندازه گیری روغن دانه..... ٦٧

٤-٥-٤- نمونه برداری جهت اندازه گیری پروتئین دانه..... ٦٧

فهرست مطالب

عنوان..... شماره صفحه

٤-٦- روشهای آماری مورد استفاده.....٦٧

فصل پنجم: نتایج و بحث

٥-١- مراحل نمونه برداری ٦٩

٥-١-١- نمونه برداری اول.....٦٩

٥-١-٢- نمونه برداری دوم.....٧٣

٥-١-٣- نمونه برداری سوم.....٨٣

٥-٢- خصوصیات کیفی.....١١٥

٥-٢- نتیجه گیری.....١٢١

٥-٣- پیشنهادات.....١٢٢

فصل ششم: پیوست‌ها

اشکال پیوست.....١٢٣

جداول پیوست.....١٣٠

منابع مورد استفاده.....۱۳۸

فهرست اشکال

عنوان.....شماره صفحه

شکل (۱): مقایسه میانگین ارتفاع گیاه در سطوح مختلف مایکوریزا و باکتری در نمونه‌برداری اول..... ۷۰

شکل (۲): مقایسه میانگین تعداد برگ در بوته در سطوح مختلف مایکوریزا در نمونه‌برداری اول..... ۷۰

شکل (۳): مقایسه میانگین وزن خشک برگ در سطوح مختلف مایکوریزا در نمونه‌برداری اول.....۷۲

شکل (٤): مقایسه میانگین سطوح مختلف باکتری بر وزن خشک ریشه در نمونه‌برداری اول.....۷۳

شکل (۵): مقایسه میانگین سطوح مختلف مایکوریزا و باکتری بر ارتفاع گیاه در نمونه‌برداری دوم.....۷٤

شکل (٦): مقایسه میانگین سطوح مختلف مایکوریزا و باکتری بر تعداد برگ در نمونه‌برداری دوم.....۷۵

شکل (۷): مقایسه میانگین سطوح مختلف فسفر بر قطر ساقه در نمونه‌برداری دوم.....۷٦

شکل (۸): مقایسه میانگین سطوح مختلف مایکوریزا و باکتری بر قطر ساقه در نمونه‌برداری دوم.....۷٦

شکل(۹): مقایسه میانگین سطوح مختلف مایکوریزا و باکتری بر طول ریشه در نمونه‌برداری دوم.....۷۸

شکل (۱۰): مقایسه میانگین سطوح مختلف مایکوریزا بر وزن خشک ساقه در نمونه‌برداری دوم.....۷۹

فهرست اشکال

عنوان.....شماره صفحه

شکل (۱۱): مقایسه میانگین سطوح مختلف باکتری بر وزن خشک ساقه در نمونه‌برداری دوم.....۸۰

شکل (۱۲): مقایسه میانگین سطوح مختلف مایکوریزا و باکتری بر وزن خشک برگ در نمونه‌برداری دوم.....۸۱

شکل(۱۳): مقایسه میانگین سطوح مختلف مایکوریزا بر وزن خشک ریشه در نمونه‌برداری دوم.....۸۲

شکل (۱٤): مقایسه میانگین سطوح مختلف باکتری بر وزن خشک ریشه در نمونه‌برداری دوم.....۸۲

شکل (۱۵): مقایسه میانگین سطوح مختلف مایکوریزا بر وزن خشک کل بوته در نمونه‌برداری دوم.....۸۳

شکل (۱٦): مقایسه میانگین سطوح مختلف باکتری بر وزن خشک کل بوته در نمونه‌برداری دوم.....۸٤

شکل (۱۷): مقایسه میانگین سطوح مختلف مایکوریزا بر ارتفاع گیاه در نمونه‌برداری سوم.....۸٦

شکل (۱۸): مقایسه میانگین سطوح مختلف فسفر و باکتری و باکتری بر ارتفاع گیاه در نمونه‌برداری سوم.....۸٦

شکل (۱۹): مقایسه میانگین سطوح مختلف فسفر و باکتری بر تعداد برگ بوته در نمونه‌برداری سوم.....۸۹

شکل (۲۰): مقایسه میانگین سطوح مختلف فسفر و مایکوریزا بر تعداد برگ بوته در نمونه‌برداری سوم.....
۹۰

فهرست اشکال

عنوان.....شماره صفحه

شکل (۲۱): مقایسه میانگین سطوح مختلف باکتری بر قطر ساقه در نمونه‌برداری سوم.....۹۱

شکل (۲۲): مقایسه میانگین سطوح مختلف مایکوریزا و باکتری برطول ریشه در نمونه‌برداری سوم.....۹۳

شکل (۲۳): مقایسه میانگین سطوح مختلف مایکوریزا و باکتری بر وزن خشک برگ در نمونه‌برداری سوم.....۹۷

شکل (۲٤): مقایسه میانگین سطوح مختلف فسفر و باکتری بر وزن خشک برگ در نمونه‌برداری سوم.....۹۷

شکل (۲۵): مقایسه میانگین سطوح مختلف مایکوریزا بر وزن خشک ریشه در نمونه‌برداری سوم.....۹۹

شکل (۲٦): مقایسه میانگین سطوح مختلف باکتری بر وزن خشک ریشه در نمونه‌برداری سوم.....۹۹

شکل (۲۷): مقایسه میانگین سطوح مختلف فسفر و باکتری بر تعداد کپسول در نمونه‌برداری سوم.....۱۰۱

شکل(۲۸):مقایسه میانگین سطوح مختلف مایکوریزا و باکتری بر وزن خشک کپسول در نمونه‌برداری سوم.....۱۰۵

شکل (۲۹): مقایسه میانگین سطوح مختلف فسفر و مایکوریزا بر وزن خشک کپسول در نمونه‌برداری سوم.....۱۰۵

شکل (۳۰): مقایسه میانگین سطوح مختلف فسفر و باکتری بر وزن خشک کپسول در نمونه‌برداری سوم.....۱۰۶

شکل (۳۱): مقایسه میانگین سطوح مختلف مایکوریزا و باکتری بر وزن خشک کل بوته در نمونه‌برداری سوم.....۱۱۰

شکل (۳۲): مقایسه میانگین سطوح مختلف فسفر و باکتری بر وزن خشک کل بوته در نمونه‌برداری سوم.....۱۱۰

شکل (۳۳): مقایسه میانگین سطح مختلف فسفر و مایکوریزا بر عملکرد دانه در نمونه‌برداری سوم.....۱۱٤

شکل (۳٤): مقایسه میانگین سطوح مختلف فسفر و باکتری بر عملکرد دانه در نمونه‌برداری سوم.....۱۱٤

شکل (۳۵): مقایسه میانگین سطوح مختلف فسفر و باکتری بردرصد روغن دانه در نمونه‌برداری سوم.....۱۱۷

شکل (۳٦): مقایسه میانگین سطوح مختلف فسفر و باکتری بر درصد پروتئین در نمونه‌برداری سوم.....۱۱۹

فهرست اشکال

عنوان.....شماره

صفحه

شکل (۳۷): مقایسه میانگین سطوح مختلف فسفر و باکتری بر درصد نیتروژن دانه در نمونه‌برداری سوم..... ۱۲۰

فهرست جداول

عنوان.....شماره صفحه

جدول ۱-۲ میزان تولید دانه‌های روغنی در کشور طی سال‌های ۸۷-۸۲.....٦

جدول ۱-۵: مقایسه میانگین سطوح مختلف فسفر مایکوریزا و باکتری بر طول ریشه در نمونه‌برداری دوم.....۷۸

جدول ۲-۵: مقایسه میانگین سطوح مختلف فسفر، مایکوریزا و باکتری بر تعداد برگ بوته در نمونه-برداری سوم.....۹۰

جدول ۳-۵: مقایسه میانگین سطوح مختلف فسفر، مایکوریزا و باکتری بر وزن خشک ساقه در نمونه‌بر داری سوم.....۹۵

جدول ٤-۵: مقایسه میانگین سطوح مختلف فسفر ، مایکوریزا و باکتری بر وزن خشک کپسول در نمونه-برداری سوم.....۱۰۲

جدول ۵-۵: مقایسه میانگین سطوح مختلف فسفر، مایکوریزا و باکتری بر وزن خشک کل بوته در نمونه-برداری سوم.....۱۰۷

جدول ۵-٦: مقایسه میانگین سطوح مختلف فسفر، مایکوریزا و باکتری بر تعداد کپسول در بوته در نمونه‌برداری سوم.....۱۱۱

فهرست پیوست‌ها

عنوان.....شماره صفحه

جدول ۵-۷: مقایسه میانگین سطوح مختلف فسفر، مایکوریزا و باکتری بر عملکرد دانه در نمونه‌برداری سوم.....۱۱۵

شکل پیوست ۱- نقشه کشت.....۱۲۳

شکل پیوست ۲- آماده سازی زمین زراعی.....۱۲٤

شکل پیوست ۳- اعمال کود فسفر.....۱۲٤

شکل پیوست ٤- تلقیح کود مایکوریزا و باکتری.....۱۲۵

شکل پیوست ۵- کشت بذر تلقیح شده.....۱۲٦

شکل پیوست ٦- سبز شدن گیاه کنجد.....۱۲۷

شکل پیوست ۷- گلدهی گیاه کنجد.....۱۲۸

شکل پیوست۸- تشکیل کپسول.....۱۲۹

شکل پیوست ۹- برداشت و خشک کردن گیاه کنجد.....۱۲۹

جدول پیوست ۱- مشخصات شیمیایی و فیزیکی خاک مزرعه آزمایشی.....۱۳۰

جدول پیوست ۲- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در گیاه کنجد برداشت اول.....۱۳۱

جدول پیوست ۳- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در گیاه کنجد برداشت اول.....۱۳۲

جدول پیوست ٤- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در گیاه کنجد برداشت دوم.....۱۳۳

فهرست پیوست‌ها

عنوان.....شماره صفحه

جدول پیوست ۵- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در گیاه کنجد برداشت دوم.....۱۳٤

جدول پیوست ٦- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در گیاه کنجد برداشت سوم.....۱۳۵

جدول پیوست ۷- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در گیاه کنجد برداشت سوم.....۱۳٦

جدول پیوست ۸- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در گیاه کنجد برداشت سوم.....۱۳۷

۱-۱-مقدمه و کلیات

۱-۲-کلیاتی در مورد کنجد:

کنجد با نام علمی*Sesamum indicum* و از خانواده Pedaliaceae یکی از دانه های روغنی خوراکی مهم است (رستگار، ۱۳۸۵؛ لنگام، ۲۰۰۷؛سادات، ۲۰۰۸). گر چه در خواست جهانی برای خرید کنجد در بازار فراوان است ولی سطح زیر کشت آن چندان فزونی نیافته است (پور صالح، ۱۳۷٤). بخش کاربردی کنجد دانه آن است که نزدیک به ۷۵ درصد پروتئین و روغن است (برار، ۱۹۸۲). 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، ۱۳۸٦). 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-کلیات

۲-۱-شرایط اکولوژی و رویشی کنجد:

کنجد یک محصول خاص مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری تلقی می‌شود، اما به اصلاح واریته‌های مناسب گسترش آن به مناطق معتدل‌تر امکان پذیر است. کنجد گیاهی روز کوتاه است و با طول روز ۱۰

ساعته معمولاً در طی ٤٥-٤٢ روز گل خواهد داد. اما بسیاری از واریته‌ها با فتوپریودهای مختلف سازگار شدند (ناصری،١٣٧٥؛ رستگار، ١٣٨٥). در فاصله عرض جغرافیایی ٣٥ جنوبی تا ٤٠ درجه شمالی و غالباً تا ارتفاع حدود ١٧٠٠ متر از سطح دریا (بسته به رقم و عرض جغرافیایی) کشت می‌شود (خواجه‌پور، ١٣٨٤). صفر فیزولوژیکی آن برای جوانه زنی ١٨-١٥ درجه سانتی گراد است (خواجه‌پور،١٣٨٤؛ بنت و همکاران، ١٩٩٦). در بعضی منابع دمای ٢٥ تا ٢٧ درجه سانتی گراد (میانگین شبانه روزی) را برای رشد کنجد مناسب، دمای بیش از ٣٤ درجه سانتی گراد و کمتر از ١٨ 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 سامولین[1] و سسامین[2] تأثیر نامطلوب می‌گذارد (خواجه-پور، ١٣٨٤). کنجد به طور معقول در برابر خشکی مقاوم است، اما این به معنای این نیست که در صورتی که مجموع باران بسیار کم باشد می‌توان بازدهی و رشد خوبی بدست آورد. این مسئله نشان می‌دهد که کنجد در صورت کاشت، بیشتر از بسیاری از نباتات اصلی دیگر می‌تواند در برابر کمی آب مقاومت کند. در خاک‌های نسبتاً حاصل‌خیز که آب به سهولت گذر می‌کند، بهتر از خاک‌های دیگر رشد می‌کند. ترکیب و ساختمان خاک در مقایسه با ظرافت نگهداری آب، در درجه دوم اهمیت قرار دارد، زیرا کنجد در همه-ی مراحل رشد، در مقابل دوره‌های کوتاه غرقابی شدن و نسبت به شوری‌های بیش از حد حساس است (ناصری، ١٣٧٥). کنجد pH خنثی را ترجیح می‌دهد، اما pH ٥/٥ تا ٨ را تحمل می‌کند. خاک‌های دارای بافت متوسط شامل لوم، لوم شنی ریز و لوم سیلتی با ساختمان خوب و باروری متوسط برای کنجد ایده-آل به شمار می‌رود (خواجه‌پور، ١٣٨٤).

2 -Sesamolin
2 - Sesamin

۲-۲- دانه‌های روغنی و کنجد

روغن و چربی پس از هیدرات‌های کربن به عنوان دومین منبع انرژی در تغذیه انسان از اهمیت ویژه‌ای برخوردارند (عرشی، ۱۳۷٤). از سوختن یگ گرم روغن، قند و پروتئین به ترتیب ۹، ٦ و ٤ 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 ۷٦ میلیون و ٤٤ 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 از پروتئین‌های گیاهی می توان اثرات سوء ناشی از کمبود پروتئین را تا حدی از بین برد (کوچکی و بنایان اول، ۱۳۷٦).

کنجد یکی از دانه های خوراکی مهم است که میزان روغن دانه‌های آن از ٤٥ تا بیش از ٦۰ درصد و پروتئین دانه آن از ۱۹ تا ۲۷ درصد متغیر است (خواجه پور، ۱۳۸٤). روغن کنجد بدلیل وجود یک ترکیب فنولی آنتی اکسیدان به نام سزامولین[۳] 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 و همکاران، ۲۰۰۷).

به عنوان یک اصل علمی فراهم آوردن مقدار کافی عناصر مورد نیاز گیاه در خاک توسط مصرف کود شیمیایی یکی از جنبه های مهم مدیریت زراعی برای افزایش تولید و بهبود کیفیت محصولات است

1 -Sesamolin

(چادهری و سرور، ۱۹۹۹). نیتروژن یکی از مهمترین عناصر مورد لزوم گیاهان به خصوص گیاهان زراعی می باشد که در ساختمان پروتئین ها و قسمتی از ساختمان کروفیل شرکت دارد (خادمی، ۱۳۷۷). از طرف دیگر به موجب مسائل و خطرات زیست محیطی ناشی از مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی و به منظور جبران کمبود عناصر غذایی و رفع نیاز غذایی گیاهان ضمن افزایش عملکرد و هماهنگ با حفظ محیط زیست و نیل به کشاورزی پایدار از طریق حفظ ذخایر و منابع طبیعی، استفاده از کود بیولوژیک یکی از مهمترین روش‌ها گزارش شده است (پالایی، ۲۰۰۵). کودهای بیولوژیک عبارتند از مواد نگهدارنده‌ای با انبوه یک یا چند میکروارگانیسم مفید خاکزی و یا فرآورده‌های متابولیک آن ها که به منظور تأمین عناصر غذایی گیاهان استفاده می‌شوند. استفاده از کود بیولوژیک اخیراً در ایران آغاز شده است و اثرات مثبت آنها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصول ثابت شده است (خاوازی و همکاران، ۱۳۸٤).

باتوجه به جایگاه ارزشمند کنجد در بین دانه های روغنی هدف این پژوهش عبارتند از:

- بررسی تاثیر قارچ مایکوریزا و باکتری محرک رشد (نیتروکسین) بر عملکرد، اجزای عملکرد و درصد روغن گیاه کنجد در سطوح مختلف فسفر خاک .

۲-۳-تاریخچه کشت کنجد در ایران و جهان:

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). گر چه واویلف، هند را منشأ کنجد دانسته است اما تنوع وسیع

انواع وحشی کنجد در آفریقا نشان می‌دهد که احتمالاً این قاره منشأ کنجد است (خواجه‌پور،۱۳۸٤).البته شواهد و دلایلی وجود دارد که منطقه افغانستان و ایران را به عنوان موطن گونه‌های از کنجد معرفی می-نماید (رستگار، ۱۳۸۵). در اواخر قرن هفدهم بوسیله بردگان به آمریکا برده شد و مجموع گونه‌های مهم آن اینک در آمریکا، روسیه و هندوستان نگهداری می‌شود (خواجه‌پور، ۱۳۸٤).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. رد هیچ گزارشی را نمی‌توان یافت که برای گونه‌های کنجد تاریخی قبل از سومریان در بابل قائل شد (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).

۲-٤-سطح زیر کشت و تولید کنجد و سایر دانه‌های روغنی در ایران:

میزان تولید دانه‌های روغنی در کشور طی سال‌های ۸۷-۸۲ در جدول ۱-۲ آمده است . بر اساس مندرجات جدول در مجموع طی سال‌های مورد بررسی ۲۳٤۱۱٦۹ تن دانه‌های روغنی در کشور تولید شده که بیشترین میزان تولید مربوط به سال‌های ۸٦-۸۵ 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 ۱۱۱٤۵۲۸ است و کمترین مربوط به گلرنگ به میزان ۱۷۷۲۷ تن است. به طور کلی به جز سال زراعی

۸۷-۸٦ 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	۸٤-۸۳	۸۵-۸٤	۸٦-۸۵	۸۷-۸٦	جمع تولید محصول
کلزا	۱۰٦۰۰۰	۲۱۲۱۱۲	۲۹۷۲٤۹	۳۱۹۳۹۸	۱۷۹۷٦۹	۱۱۱٤۵۲۸
گلرنگ	۳۱۲۰	٤۵۰۰	۳۰۵۰	٤۵۵۷	۲۵۰۰	۱۷۷۲۷
آفتابگردان	۲٤۰۰۰	۲۵۰۰	۱۹٤۷۵	۲۱۲۲۱	۱۸۳٦٤	۸۵۵٦۰
سویا	۲۳٤۰۰۰	۲۲٤۵۰۰	۱۵۷۷۸۸	۱۷۷٦۲۷	۱۸۰٦۲٦	۹۷۳۹٤۱
کنجد	۲۵۱۹۲	۳۲۸۷۷	۲۸۲.۵	۳٤۳٦۸	۲۸۷۷۱	۱٤۹٤۱۳
جمع	۳۹۲۳۱۲	٤۷٦٤۸۹	۵۰۵۱٦۷	۵۵۷۱۷۱	٤۱۰۰۳۰	۲۳٤۱۱٦۹

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 لیسین فقیر است. تعادل اسیدهای آمینه ضروری پروتئین کنجد به غیر از لیسین بسیار خوب می‌باشد (خواجه‌پور، ۱۳۸٤).

۲-٦-روغن کنجد

میزان روغن دانه کنجد از ٤٥ تا ٦٠ درصد متغیر است. وجود بیش از ٥٠ 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 و همکاران، ١٩٩٦). روغن کنجد از ٣٢ تا ٥٤ درصد اسید اولئیک، ٣٧ تا ٥٩ درصد اسید لینولئیک، ٨ تا ١١ درصد اسید پالمیتیک، و ٣ تا ٦ درصد اسید استئاریک تشکیل شده و فاقد اسید لینولنیک و کلسترول می‌باشد. میزان اسیدهای چرب اشباع روغن کنجد از ١١ تا ١٧ درصد متغیر است. بالایی درصد اسید اولئیک سبب پایداری و زیادی اسید لینولئیک سبب کیفیت عالی روغن کنجد برای تغذیه انسان شده است. وجود نوعی روغن به نام سسامول، موجب افزایش ثبات و پایداری روغن کنجد شده است. روغن نیمه خشک شونده کنجد دارای ضریب یدی ١٠٠ تا ١٣٠ است (خواجه‌پور، ١٣٨٤). 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، ١٩٩٦).

۲-۷-موارد استفاده کنجد

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 گیاهی در طب سنتی کاربرد دارد. تولید ارده، حلوه‌ارده 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، ۱۳۸٤). روغن کنجد از نظر طعم مخصوص آن بسیار با ارزش و از بهترین انواع روغن‌های خوراکی بوده و در ردیف روغن زیتون قرار می‌گیرد. 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 محلول-های 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 می‌گیرد. 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 نموده، اما نباید بیش از ۱۵ درصد جیره طیور را تشکیل دهد (خواجه‌پور، ۱۳۸٤).

۲-۸-کودهای زیستی

افزایش جمعیت دنیا و لزوم تولید بیشتر محصولات کشاورزی در پنجاه 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 ۱۹٦۱ تقریباً معادل ۱۰ میلیون تن بوده است، در حالی که در چهار دهه اخیر مصرف کودهای نیتروژن و فسفر به ترتیب ۹ و ٤ برابر شده است (وانس، ۲۰۰۱). بر اساس گزارشات سازمان کشاورزی و خواربار جهانی فائو بین ٦۰-٤۰ 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 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 (ویو و همکاران، ۲۰۰۵). کاربرد تولیدات زیستی در تغذیه گیاهان زراعی به عنوان راهکارهای بنیادین برای توسعه سیستم‌های مدیریت تلفیقی 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، ۱۹۹٤). از انواع کودهای زیستی می‌توان به باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه، قارچ‌های مایکوریزا و میکروارگانیسم‌های حل کننده فسفات اشاره نمود. نخستین مایه تلقیح کود زیستی باکتری رایزوبیوم به نام نیتراجین توسط هیلتنر و ناب در امریکا در ۱۸۹۵ صورت گرفت (وسی، 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 می-نمایند. در واقع ریز موجوداتی به عنوان کود زیستی مورد استفاده قرار می‌گیرند که با استفاده از تثبیت بیولوژیک نیتروژن و 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 می-شود تا به طور همزمان رشد گیاه با روش‌های مختلف تحت تأثیر قرار گیرد (احمدی، ۱۳۹۰).

۲-۸-۱-تاریخچه مایکوریزا

قارچ‌های مایکوریزا از با اهمیت‌ترین میکروارگانیسم‌های موجود در اغلب خاک‌های تخریب نشده می-باشند. 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، ۲۰۰۳). اولین گزارش مبنی بر وجود این قارچ-ها در اطراف گیاه میزبان و به وجود آمدن یک رابطه همزیستی مایکوریزی به تحقیقات صورت گرفته توسط هارتینگ در سال ۱۸٤۰ مربوط می‌شود. وی اگر چه این قارچ‌ها را به عنوان یک ارگانیسم مستقل معرفی نکرد، لیکن وجود ریشه‌های 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، ۱۹۸۹). 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 یادآور شده‌اند. همزیستی بین اغلب گیاهان آوندی (بیش از ۸۵ درصد) با قارچ‌های مایکوریزایی موجود در خاک و متعلق به سه کلاس آسکومیست، زیگومیست و بازیدیومیست 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،۱۹۸۳). این هم‌زیستی بین گیاهان و قارچ‌هایی که در سیستم ریشه‌ای گیاه به قارچ هم‌زیست منتقل شده و در ادامه عناصر غذایی از قارچ به گیاه منتقل می‌گردد (آلن، 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، 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، ۱۹۹۲). 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[4] 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).

۲-۸-۲-رابطه همزیستی مایکوریز آرباسکولار

رایج‌ترین نوع همزیستی مایکوریزایی که تقریباً در تمامی جوامع گیاهی از عرصه منابع طبیعی تا اراضی کشاورزی حضوری چشمگیر دارد رابطه مایکوریز آرباسکولار می‌باشد. این نوع رابطه همزیستی بین

4- Biofertilizar

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 خروسیان *Amaranthus*، کلمیان *Brassica*، سلمه ترگان *Chenopodium* و یوغ برگیان فاقد این نوع همزیستی می‌باشند. بقیه خانواده‌های گیاهی و بخصوص آنهایی که دارای ارزش اقتصادی برای انسان می‌باشند همگی از میزبان‌های این قارچ‌ها هستند. قارچ‌های مایکوریزا نوع آرباسکولار بیوتروف‌های اجباری می-باشند 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 بدین 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).

۲-۸-۳-باکتری‌های ریزوسفری

باکتری‌ها یکی از رایج‌ترین ریزموجودات تک سلولی خاکزی و از گروه پروکاریوت‌ها بوده که دارای نقش مهمی در اکثر چرخه‌های اکولوژی کره زمین می‌باشند (میلر و جاسترو، ۱۹۹۲). باکتری‌ها فاقد غشا و هسته بوده و از نظر متابولیکی می‌توانند هتروتروف و یا اتوتروف 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 می‌شوند. بعضی از باکتری‌های خاکزی عبارتند از باسیلوس، سودوموناس، آرتوباکتر، کلوستریدیوم، نیتروزوموناس، میکروکوکوس، ریزوبیا، ازتوباکتر ، استوباکتر و آزسپریلوم (میلر و جاسترو، ۱۹۹۲). ریزوسفر[5] به لایه نازکی از خاک اطراف ریشه اطلاق می‌شود که جامعه موجودات زنده آن ناحیه از نظر کمی و کیفی تحت تأثیر فعالیت-های 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 باعث ایجاد تغییرات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی در گیاه می‌شود 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 و همکاران، ۱۹۹۵). چابوت و همکاران (۱۹۹۸-۱۹۹٦) سویه‌هایی از *Rhizobium* را که قادر به افزایش رشد گیاهانی غیر از تیره بقولات هستند به عنوان PGPR در نظر گرفتند. در این گیاهان در نتیجه تلقیح با باکتری، ساختارهای گره

5- Rhizospher

مانند در ریشه ایجاد نمی‌شود (چابوت وهمکاران، ۱۹۹٦ و ۱۹۹۸). در سال‌های اخیر به دلیل شناسایی توانایی‌های ذاتی مفید بسیاری از این باکتری‌ها به ویژه آزوسپریلیوم و ازتوباکتر، این دو گروه در زمره باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه قرار گرفته‌اند و امکان کاربرد گسترده آنها در زراعت انواع گیاهان زراعی، مورد توجه و تأکید واقع شده است.

بررسی

منابع

۳-۱-نقش نظام‌های زراعی بر فعالیت و پایداری مایکوریزا:

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

شاید اختلال در خاک ازنظر 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 (ایوانز و میلر، ۱۹۹۰) 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 و همکاران، ۱۹۹۰). پیش از این ارتباط مشابهی بین شدت عملیات شخم و جذب فسفر توسط گیاه در شرایط مزرعه گزارش شده است (اهالوران و همکاران، ۱۹۸٦) و رابطه بین اختلال در خاک و تغذیه فسفر توسط گیاه با توسعه مایکوریزا مشخص شده است. شدت اثرات اختلال در خاک-های حاوی انواع مختلف پوشش گیاهی متفاوت است و سرعت ایجاد کلونیزاسیون مجدد پس از اختلال به شیوع اندام‌های تکثیر کننده قارچ در خاک بستگی دارد (جاسپر و همکاران، ۱۹۹۱).

۳-۱-۲-اثر آیش بر فعالیت و پویایی مایکوریزا

مشکل ناشی از آیش طولانی مدت همانند اختلال در خاک نوعی تنش محسوب می‌شود (فیکسن و همکاران، ۱۹۸٤)، 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، ۱۹۷۹؛

کوکی و پاول، ۱۹۸۳؛ هارینی و کومار و باگیاراج، ۱۹۸۸) و این موضوع به کمبود فسفر (تامسون، ۱۹۸۷) بستگی دارد. از طرف دیگر کاهش در کلونیزاسون قارچ‌های مایکوریزا آرباسکولار در شرایط آیش می-تواند 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، 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).

۳-۱-۳-اثر تناوب زراعی بر فعالیت 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 و همکاران، ۱۹۹۱). واکنش متفاوت نسبت به کودهای شیمیایی معرف آن است که شناخت بهتر عوامل می‌تواند به مدیریت مزرعه کمک کند. این واقعیت که رشد قارچ‌های مایکوریزا تحت تأثیر شخم و تناوب (ویوکانادان و فیکسن، ۱۹۹۱) قرار می‌گیرد به برخی از تحقیقات استریمیسکا (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، 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، ۱۹۸٤). 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.

۳-۱-٤-اثر کودهای شیمیایی مورد استفاده در کشاورزی بر جمعیت مایکوریزا

کودهای فسفره 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 فسفر توسط گیاه اعمال شده ولی در سطوح بالا توسط خاک اعمال شود. کلونیزاسیون ریشه در مقادیر خیلی بالا و یا خیلی پایین فسفر قابل دسترسی می‌تواند کاهش یابد (کویید و لی، ۱۹۹۰). دسترسی به فسفر در بیش از حدی

که گیاهان میزبان از کلونیزاسیون AM سود می‌برند عموماً تولید اسپور را کاهش می‌دهد (نیلسن 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 و همکاران، ۱۹۸۳). رابطه هزینه و سود برای گیاه بر حسب فسفر حاصل شده و کربن مصرف شده توسط قارچ درون‌زی (سیم و همکاران، ۱۹۸۳)، ممکن است تنها در مقادیر خاصی از فسفر یا در دوره زمانی مشخصی از چرخه زندگی گیاه (فیتر، 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 (بولن، ۱۹۹۱) به قارچ‌های AM آسیب می‌رساند (ابوت و رابسون، ۱۹۸٤). 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، ۱۹۸٦).

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، ۱۹۹۱). بنابراین توانایی بالقوه استفاده از قارچ-های 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 AM در گیاهان مؤثر واقع شوند.

ازت می‌تواند سبب توقف (جانسون و همکاران، ۱۹۸٤) یا بهبود (عزیز و هابت، ۱۹۸۹) کلونیزاسون ریشه شده و توسط قارچ AM جذب شود (ازکون و باریا، ۱۹۹۲). نقش تغذیه فسفر در تعیین اثرات مستقیم ازت مهم است (سیلویا، ۱۹۹۲)، در حالی که شدت تأثیر متأثر از تعادل بین عناصر فسفر و ازت، منبع ازت ($NH4^+$ و $NO3^-$) و اثرات آن بر pH رایزوسفر (لی و همکاران، ۱۹۹۱) می‌باشد. منبع ازت تحت تأثیر نیاز به پتاسیم نیز قرار می‌گیرد، و با سایر اثرات کلونیزاسیون AM و تغذیه فسفر، اثر متقابل دارد (کوپر، ۱۹۸٤). مصرف کودهای پتاسم تولید اسپور توسط قارچ‌های AM (فورلان و برینز- کاردو، 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. پیشرفت‌های 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، برینز- کاردو ۱۹۸۹). در آینده دستورالعمل استفاده از قارچ‌های AM در تغذیه گیاه می‌تواند برای هر منطقه به صورت خاص ارائه شود.

۳-۲-فوائد رابطه همزیستی مایکوریزایی

۳-۲-۱-تأثیر بر جذب عناصر غذایی

مهمترین و معتبرترین تأثیر رابطه همزیستی مایکوریزا آرباسکولار، افزایش جذب عناصر معدنی و به ویژه فسفر در گیاه میزبان می‌باشد. این تأثیر بخصوص در اراضی که فسفر محلول در خاک کم بوده یا در اثر خشکی ضریب بخشیدگی عنصر فسفر بسیار کاهش یافته است مشهودتر می‌باشد. گونه‌های مختلف

قارچ‌های مایکوریزا نیز کارایی متفاوتی در افزایش جذب فسفر در گیاه میزبان دارند. گونه‌های مختلف این قارچ‌ها در گیاه لوبیا باعث افزایش وزن خشک گیاه بین ۸ الی ۲۳ درصد و افزایش جذب فسفر بین ٦٠ تا ۳۳۵ درصد شده‌اند. سرعت گسترش هیف‌های خارج ریشه‌ای این قارچ‌ها به طور متوسط ۸۰۰ برابر سرعت گسترش ریشه‌ای گیاه می‌باشد. بنابراین ناحیه تهی از فسفر در اطراف هیف‌های قارچ‌های مایکوریزایی به شکل محدودتری نسبت به اطراف ریشه‌های موئین تشکیل شده و بدین دلیل مقدار بیشتری فسفر در همزیستی مایکوریزایی جذب می‌گردد. ناحیه تهی از فسفر در اطراف ریشه گیاه شبدر *Trifolium repens* ، ۱۰ میلی‌متر تخمین زده شده است. در تیماری که این گیاه با گونه *Glomus mosseae* رابطه همزیستی برقرار کرده است، ناحیه تهی از فسفر تا ۲۰ میلی‌متری از سطح ریشه توسعه یافته است (لی و همکاران، ۱۹۹۱). مطالعات صورت گرفته با ازت نشان‌دار مشخص کرده است که در همزیستی بین *Glomus mosseae* و گیاه کرفس *Apium graveolens* نسبت به گیاه شاهد ازت نشان‌دار بیشتری جذب گیاه شده است در صورتی که با اضافه کردن کود فسفره به گیاه شاهد تفاوتی بین تیمارها از لحاظ میزان فسفر جذب شده، نبوده است (آمس و همکاران، ۱۹۸۳). همچنین بیان شده است که گیاه میزبان می‌تواند تا ۲۵ درصد از نیاز ازته خود را از طریق رابطه همزیستی با قارچ‌های مایکوریزا آرباسکولار تأمین نماید (مارشنر و دل، ۱۹۹٤). حدود ۱۰ درصد از کل پتاسیم جذب شده توسط گیاه میزبان ناشی از فعالیت هیف‌های خارج ریشه‌ای قارچ‌های مایکوریزا آرباسکولار می‌باشد (مارشنر و دل، ۱۹۹٤). از طرف دیگر در همزیستی ایجاد شده بین گیاه *Agropyron repens* و قارچ *Glomus mosseae* افزایش جذب پتاسیم به صورت یک اثر مستقیم در گیاه میزبان مشاهده شده است. در همزیستی ایجاد شده بین سویا و ایزوله‌های مختلفی از قارچ *Glomus mosseae* نیز مشاهده شده است که تنها ایزوله-

های جداسازی شده از مناطق خشک منجر به افزایش جذب پتاسیم در گیاه میزبان شده‌اند (بتلنفالوی و همکاران، ۱۹۸۹). آزمون مزرعه‌ای صورت گرفته بر روی گیاه ذرت نیز نشان داده است که در تیمارهای تلقیح شده با گونه‌های بومی قارچ‌های مایکوریزا آرباسکولار جذب پتاسیم در گیاه میزبان بیشتر از گیاهان شاهد بوده است (لیو و میلر، ۱۹۸۸). بررسی‌های صورت گرفته در سال‌های اخیر نشان دهنده تأثیر مثبت همزیستی مایکوریزایی در جذب عناصر کم مصرف و به ویژه عنصر روی توسط گیاه میزبان می‌باشد لیکن به دلیل اثر متقابل بین جذب فسفر و روی در برخی موارد تفسیر نتایج بدست آمده با مشکل روبه-رو می‌گردد. در گیاه ذرت کشت شده در خاک‌های آهکی مشخص گردیده است که بین ۱۶ تا ۲۵ درصد روی موجود در گیاه از طریق توسعه هیف‌های قارچ *Glomus mosseae* در خاک جذب و منتقل شده است (کوداری و همکاران، ۱۹۹۰). در مورد گیاه گندم و لوبیا (کوکی و جانزن، ۱۹۸۷) نیز نتایج مشابهی در رابطه با افزایش جذب روی در این گیاهان که در نتیجه برقراری رابطه همزیستی مایکوریزایی است، ارائه شده است. همزیستی به وجود آمده بین گندم کشت شده در یک خاک آهکی با قارچ مایکوریزا آرباسکولار و استفاده از مقادیر مناسبی از کودهای حاوی فسفر و روی منجر به افزایش انتقال فسفر و روی از ریشه‌ها و اندام‌های هوایی گیاه به سمت دانه‌ها شده و بدین صورت عملکرد گندم از لحاظ کمی و کیفی افزایش یافته است (جو و همکاران، ۱۹۹۷). همانند عنصر روی، میزان مس موجود در محلول خاک بسیار اندک بوده و از طرف دیگر ضریب بخشیدگی این عنصر در خاک نیز بسیار کم می‌باشد. این دو عامل باعث شده تا گیاهان مایکوریزایی میزان مس جذب شده بیشتری از گیاهان غیر مایکوریزایی داشته باشند (مارشنر و دل، ۱۹۹٤). نتایج آزمون‌های مزرعه‌ای نیز نشان داده است که رابطه همزیستی مایکوریزایی منجر به افزایش جذب مس در گیاه لوبیا شده است (کوکی و جانزن، ۱۹۸۷). از طرف دیگر

قارچ مایکوریزایی *Glomus masseae* در همزیستی با گیاه گندم و از طریق فعالیت فسفاتازی خود توانسته ترکیبات آلی فسفره را هیدرولیز کرده و بدین صورت جذب همزمان فسفر و مس را در گیاه گندم افزایش دهد (طرفدار و مارسنر، ۱۹۹٤). نتایج حاصل از تأثیر برقراری رابطه همزیستی مایکوریزایی در غلظت آهن و همچنین کل آهن جذب شده در گیاه میزبان بسیار متغیر است (پاکووسکی و فولر، ۱۹۸۸). در حالی که در گیاه ذرت افزایش جذب و غلظت آهن مشاهده شده است (کلارک و زیتا، ۱۹۹٦). گیاهان مایکوریزایی معمولاً توانایی کمتری برای جذب منگنز نسبت به گیاهان غیر مایکوریزایی دارند (کوداری و همکاران، ۱۹۹۰). اگر چه در مواردی افزایش جذب منگنز در گیاهان میزبان قارچ‌های مایکوریزا آرباسکولار مشاهده شده است (آلکاراکی و کلارک، ۱۹۹۸؛ کلارک و زیتا، ۱۹۹٦). در گیاهان مایکوریزایی علاوه بر کاهش میزان منگنز در ریشه و اندام‌های هوایی گیاه، جمعیت میکروارگانیسم‌های احیاءکننده منگنز نیز در ریزوسفر گیاهان مایکوریزایی به شدت کاهش یافته و سطح منگنز قابل تبادل در خاک نیز کاهش قابل ملاحظه‌ای نشان می‌دهد (شارما و جوهری، ۲۰۰۲).

۳-۲-۲-افزایش مقاومت به خشکی

کلونیزاسیون ریشه‌ها توسط قارچ‌های مایکوریزا آرباسکولار بر مکانسیم‌هایی مانند کنترل روابط آب و گیاه، هدایت هیدرولیکی ریشه، هدایت برگ، تبادل گازی برگ، توسعه برگ، تنظیم اسمزی و تولید هورمون‌های گیاهی اثر می‌گذارد. از این جنبه، تولید هورمون‌های گیاهی در ریشه تحت تأثیر آب خاک (هارتیونگ و اسلویک، ۱۹۹۱) و یا قارچ‌های AM بر وضعیت آب در خاک و گیاه باشد و بر رشد گیاه و کارکرد آن در شرایط خشکی تأثیر داشته باشد (کووان، ۱۹۸۹). نقش فعال هیف قارچ AM در انتقال آب

و ارتباط این پدیده‌ها و توانایی بهره برداری از آب خاک توسط گیاهان آلوده به AM در پتانسیل‌هایی پایین‌تر از حدی که گیاهان غیر AM به آن دسترسی دارند (بتلن فالوی و همکاران، ۱۹۸۸؛ هاردی و لیتون، ۱۹۸۱) سبب شده است که همزیستی AM به عنوان یک تکنولوژی جالب در کشاورزی مناطق خشک مورد توجه قرار گیرد. در واقع همزیستی مایکوریزایی علاوه بر افزایش جذب عناصر غذایی و بهبود رشد و عملکرد گیاه، مقاومت گیاه میزبان را به شرایط خشکی نیز افزایش می‌دهد (هاردی و لیتون، ۱۹۸۱؛ دیویس و همکاران، ۱۹۹۲). افزایش مقاومت گیاه به خشکی بر اساس عقیده عده‌ای از محققین به دلیل افزایش جذب فسفر توسط گیاه در خاک‌هایی است که مقدار فسفر قابل دسترسی خاک کم باشد (هانگ و همکاران، ۱۹۸۵). عده‌ای دیگر از محققین این افزایش مقاومت به خشکی را جدایی از مسئله تغذیه فسفری گیاه مورد تأکید قرار داده و معتقدند این قارچ‌های همزیست ریشه توانایی بهبود بخشیدن روابط آبی گیاه را داشته و باعث افزایش جذب آب از خاک می‌شوند (دیویس و همکاران، ۱۹۹۲).

همچنین در گیاه مایکوریزایی هدایت هیدرولیکی ریشه بیشتر از گیاهان مشابه غیر مایکوریزایی گزارش گردیده است. با مشاهده تأثیر مثبت این قارچ‌ها در افزایش جذب عناصر غذایی از خاک، بهبود بخشیدن به روابط آبی گیاه، افزایش راندمان آب در گیاه و در نهایت بالا بردن مقاومت گیاه به تنش‌های خشکی از یک طرف و از طرف دیگر وجود بحران آب در کشورهای مختلف، محققین کشورهای مبتلا را بر آن داشته تا این جنبه از رابطه همزیستی به وجود آمده بین گیاه میزبان و قارچ همزیست را بیش از پیش مورد بررسی و مطالعه قرار دهند. تأثیر دو گونه *Glomus deserticola* و *Glomus fasciculatum* بر روی گندم کشت شده تحت تنش رطوبتی در یک دوره ۷۵ روزه توسط الیس و همکاران (۱۹۸۵) مورد بررسی قرار گرفت. آنها گزارش نمودند که وزن خشک تولیدی و همچنین میزان محصول در گیاه گندم

تلقیح شده در شرایط تنش رطوبتی دو برابر همین مقدار در گیاه شاهد بدون تلقیح و کشت شده در شرایط مشابه می‌باشد. تأثیر تلقیح با قارچ‌های مایکوریزا آرباسکولار در افزایش واریته‌های مختلف گندم به تنش خشکی و افزایش جذب عناصر غذایی در آنها توسط آل کراکی وال داد (۱۹۹۷) مورد آزمون قرار گرفت. آنها در این آزمایش خود از دو واریته مقاوم و حساس به خشکی گندم استفاده کرده و چنین نتیجه گرفته‌اند که واریته حساس به خشکی در شرایط تنش رطوبتی وابستگی بیشتری به رابطه همزیستی مایکوریزایی داشته و جذب نسبی عناصر غذایی فسفر، روی، مس، منگنز و آهن در آن بیشتر از واریته-های مقاوم به خشکی می‌باشد. شیرانی راد و همکاران (۱۳۷۹) با انجام آزمون‌های مزرعه‌ای نشان دادند که با استفاده از تلقیح با قارچ‌های مایکوریزا آرباسکولار در کشت گیاه گندم با تنش رطوبتی عملکرد کمی و کیفی محصول افزایش یافته و همچنین جذب عناصر فسفر و پتاسیم در گیاه تلقیح شده بیشتر از شاهد بوده است. آنها همچنین گزارش دادند که در گیاه سویا نیز کاربرد قارچ‌های مایکوریزا آرباسکولار و باکتری برادی رایزوبیوم، خصوصیات کمی و کیفی گیاه را افزایش داده است. در گیاه یونجه نیز مشاهده شده است که استفاده همزمان از قارچ‌های مایکوریزا آرباسکولار و باکتری رایزوبیوم در سطوح تنش رطوبتی منجر به افزایش عملکرد و جذب عناصر سدیم و پتاسم شده است (حسن رضایی، ۱۳۸۲). استفاده از گونه‌ها مختلف قارچ‌های مایکوریزا آرباسکولار در کشت گیاه گندم و در سطوح تنش رطوبتی منجر به افزایش عملکرد و جذب عناصر فسفر، روی و مس گردیده است (رجالی، ۱۳۸۲).

۳-۲-۳-افزایش مقاومت به شوری

قارچ‌های مایکوریزا نه تنها به رشد و نمو گیاهان کمک می‌کنند بلکه مقاومت گیاهان زراعی را به تنش-هایی چون شوری بالا می‌برند (الکاراکی و همکاران،۲۰۰۱؛ کانترل و لیندرمن، ۲۰۰۱). پراکنش قارچ‌های AM در مناطق شور دنیا و عوامل مؤثر بر این پراکنش توسط محققان زیادی مورد بررسی قرار گرفته است. برای مثال هیلدبرانت و همکاران (۲۰۰۱) میزان بالای کلونیزه شدن گیاهان شوری پسند مرداب‌های شور اروپای مرکزی را با قارچ‌های مایکوریزا گزارش کرده‌اند. گزارش‌هایی نیز در ارتباط با تأثیر قارچ-های مایکوریزا آرباسکولار در افزایش رشد و مقاومت به شوری در گیاهان شورپسند منتشر شده است. استفاده از گونه *Glomus mosseae* باعث افزایش رشد و بقای گیاه *Atriplex canescens* در خاک‌های کم بازده می‌شود (آلدن، ۱۹۷۵؛ ویلیامز و همکاران، ۱۹۷٤). همچنین اصغری و همکاران (۲۰۰۵) مشخص نمودند که گرچه گیاهان خانواده *Chenopodiaceae* معمولاً به عنوان گیاهانی در نظر گرفته می‌شوند که میزبان قارچ‌های مایکوریزایی نیستند، اما گیاه *Atriplex nummularia* درصد همزیستی بالایی با قارچ‌های مایکوریزا نشان‌داده و در اثر همزیستی مایکوریزایی رشد گیاه افزایش می‌یابد. آنها این تأثیر را ناشی از تأثیر مستقیم قارچ‌های مایکوریزایی در جذب املاح و نیز اثر این قارچ‌ها بر ترکیب میکروبی خاک اطراف محیط ریشه دانسته‌اند. علائم تنش شوری در گیاهان تقریباً مشابه کمبود فسفر به شکل آبدار شدن و تیره رنگ شدن برگ‌ها مشاهده می‌گردد، بنابراین شوری باعث کاهش فسفر در گیاه می‌شود. لذا قارچ‌های مایکوریزا می‌توانند با افزایش جذب فسفر توسط گیاه، از اثر منفی شوری بکاهند (اوجالا و همکاران، ۱۹۸۳).

در گیاهان مایکوریزایی غلظت پتاسیم بیشتر از گیاهان غیر مایکوریزایی می‌باشد و بدین ترتیب با افزایش نسبت K/Na، همزیستی مایکوریزایی گیاه را در برابر اثرات منفی سدیم محافظت می‌نماید استفاده از

قارچ *Glomus deserticola* باعث افزایش رشد پیاز در خاک شور شده است. اثرات شوری و تلقیح با قارچ *Glomus intraradices* بر روی نهال‌های ۸ ماهه مرکبات مورد بررسی قرار گرفته و مشاهده گردیده است که جذب کل و غلظت کلر در بخش‌های هوایی گیاهان مایکوریزایی افزایش یافته است (گراهام و سیروسن، ۱۹۸۹). در گیاه کاهو نیز با استفاده از تلقیح با قارچ‌های مایکوریزا آرباسکولار و در شرایط شور توانسته‌اند مقداری از کاهش وزن اندام‌های هوایی و ریشه گیاه را جبران نمایند (رویزلوزانو و همکاران، ۱۹۹٦). به کار گیری قارچ‌های مایکوریزا آرباسکولار در خاک‌های شور منجر به افزایش وزن تر غده پیاز و وزن دانه در گیاه جو شده است (علی اصغرزاده، ۱۳۷۹).

۳-۲-٤-افزایش مقاوت گیاه به عوامل بیماری‌زای ریشه

قارچ‌های مایکوریزای AM از اجزای اصلی محیط رایزوسفری گیاهان هستند، و به این جهت این قارچ‌ها می‌توانند بر شیوع و شدت بیماری‌های ریشه تأثیر داشته باشند. قارچ‌های AM، بیماری‌های خاکزی یا اثرات بیماری که ممکن است توسط قارچ‌های بیماریزا ایجاد گردد، را کاهش می‌دهند. واضح‌ترین نقش قارچ‌های مایکوریزا آرباسکولار در کاهش بیماری ریشه، افزایش در جذب عناصر غذایی (فسفر و سایر عناصر) است. این موضوع سبب می‌شود که گیاهان رشد کامل‌تری داشته و قادر خواهند بود که بر بیماری‌های ریشه غلبه کرده و آنها را بهتر تحمل کنند. گیاهان همزیست با مایکوریزا تحمل بهتری نسبت به تنش‌های محیطی مانند خشکی دارند که این عامل می‌تواند توان آها را در برابر عوامل بیماریزا افزایش دهد. دیویس (۱۹۸۰) این نوع واکنش را در بررسی خود در مورد عامل پوسیدگی ریشه در اثر قارچ *Thielaviopsis basicola* (Berk.Br)Ferr بر روی مرکبات مشاهده کرد. در این بررسی گیاهان

مایکوریزایی نسبت به گیاهان غیرمایکوریزایی توسعه ریشه بیشتری داشتند، به استثنای مواردی که به گیاهان غیر مایکوریزایی مقادیر بیشتری فسفر اضافه شده بود. گراهام و منج (۱۹۸۲) مورد مشابهی را پیشنهاد کردند به طوری که مایکوریزا AM یا فسفر اضافه شده به گیاه، بیماری پا حوزه گندم را کاهش داد و این تصور پیش آمد که بهبود وضعیت فسفر در گیاهان می‌تواند سبب کاهش در ترشحات ریشه که در جوانه زنی اسپور و ایجاد آلودگی بیماری زا مورد استفاده قرار می‌گیرد، شود. عموماً در مواردی که مایکوریزای AM بیماری‌های ریشه را کاهش داده است، این قارچ‌ها باید قبل از هجوم عامل بیماری زا در گیاه استقرار و عمل نمایند. این موضوع توسط بارتشی و همکاران (۱۹۸۱) در مورد فیتوفترای عامل ریشه *Phytophthora cinnamomi* در گیاه سرو *(Chamaecyparis lawsoniaana* (A. rands) parl*)* و *(Aphanomyces eutiches Drechs)* توسط روزندال (۱۹۸۵) در مورد آفانرمایسس عامل پوسیدگی ریشه در روی لوبیا *(Pisum sativum L.)* تشریح شده است. همچنین قارچ‌های مایکوریزا به طور مستقیم با ایجاد یک مانع فیزیکی بر روی ریشه (ایجاد غلاف قارچی در مورد اکتومیکوریزها) و یا تولید مواد ضد رشد عوامل بیماری‌زای گیاهی مانند بعضی آنتی‌بیوتیک‌ها و ترکیبات شیمیایی دیگر رشد میکروارگانیسم-های پاتوژن را محدود می‌نمایند (سورش و همکاران، ۱۹۸۵). همچنین این قارچ‌ها از طریق رقابت با پاتوژن‌های گیاهی برای دریافت ترشحات ریشه و همچنین تغییر ترکیب شیمیایی ترشحات ریشه رشد عوامل بیماری‌زای ریشه را کند می‌نماید (احمدی، ۱۳۹۰).

۳-۲-۵-تولید هورمون‌های محرک رشد گیاه

قارچ‌های مایکوریزا می‌توانند سنتز هورمون‌های رشد مثل ایندول بوتریک اسید یا ABA را در گیاه کنترل نمایند. همچنین هیف این قارچ‌ها قادر به تولید این ماده می‌باشند (اسچ و همکاران، ۱۹۹٤). بنابراین قارچ‌های مایکوریزایی از طریق تنظیم مقدار ABA در گیاه میزبان می‌تواند هدایت روزنه‌ای آن را تحت تأثیر قرار دهند. همچنین گزارشات حاکی است که قارچ‌های مایکوریزایی می‌توانند غلظت سیتوکینین را در بافت‌های گیاهی تغییر دهند. به عقیده داوان و همکاران (۱۹۹٦) نسبت ABA به سیتوکینین از لحاظ فیزیولوژیکی اهمیت بیشتری از غلظت هر یک از این موارد به تنهایی دارد و این نسبت می‌تواند توسط رابطه همزیستی مایکوریزایی تحت تأثیر قرار گیرد.

۳-۲-٦-افزایش مقاومت گیاه به تنش‌های ناشی از تراکم خاک و اصلاح ساختمان خاک

در خاک‌های متراکم، رشد ریشه گیاه محدود شده و به دلیل کاهش جذب عناصر غذایی و آب، رشد و عملکرد گیاه نیز کاهش می‌یابد. در گیاهان مایکوریزایی و با استفاده از شبکه گسترده از هیف این قارچ‌ها در خاک، گیاه به حجم بیشتری از خاک دسترسی داشته و بدین صورت مقادیر بیشتری از عناصر غذایی و آب را جذب می‌نمایند. همچنین قارچ‌های مایکوریزا از طریق سنتز ماده خاصی از نوع گلیکوپروتئین به نام گلومالین باعث چسبیدن ذرات خاک به یکدیگر شده که از عوامل مؤثر در تشکیل خاکدانه‌های ریز می‌باشند. همچنین شبکه گسترده هیف این قارچ‌ها باعث در کنار یکدیگر قرار گرفتن خاکدانه‌های ریز و تشکیل خاکدانه‌های درشت مقاوم در خاک می‌گردد. بدیهی است با اصلاح ساختمان خاک بدین صورت از طریق افزایش تهویه و افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک، رشد و عملکرد گیاه افزایش یافته و از طرف دیگر با افزایش سرعت نفوذ آب در خاک از فرسایش پذیری خاک جلوگیری می‌شود.

۳-۳-عوامل مؤثر بر همزیستی مایکوریزایی

۳-۳-۱-روابط متقابل مایکوریزا، باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن و سایر میکروارگانیسم‌های خاک

لینچ (۱۹۹۷) بیان کرد که جمعیت‌های میکروبی در جایی که چارچوبی از روابط متقابل درگیر شده‌اند، اجزای کلیدی نظام‌های خاک-گیاه هستند. فیتر و گاربایه (۱۹۹٤) بیان کردند که برهم‌کنش قارچ‌های مایکوریزا با دامنه وسیعی از میکروارگانیسم‌های خاک در محیط ریزوسفر ریشه و خاک می‌تواند حالات مختلفی از جمله ممانعت کنندگی، تحریک کنندگی، رقابت و حتی همزیستی را شامل شود. آنها همچنین پیشنهاد کردن که قارچ‌های مایکوریزا، روابط متقابل گیاهان با سایر میکروارگانیسم‌های خاک از جمله عوامل بیماریزا، نماتدها و قارچ‌های ممانعت کننده از رشد ریشه موجودات همزیست به ویژه باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن را تحت تأثیر قرار می‌دهند. لیندرمن (۱۹۸۸) گزارش کرد که برخی از باکتری‌های ریزوسفری قادر به تجزیه پروتئین و یا آمینواسید و تولید آمونیاک بوده که به شکل آمونیاک توسط مایکوریزا در دسترس گیاه قرار می‌گیرد. برخی از آزمایشات حاکی از آن است که گرما، رطوبت و دی-اکسید کربن تولید شده در نتیجه فعالیت‌های باکتری‌های تحریک شده همراه قارچ، جوانه زنی و رشد هیف‌ها را تشدید می‌کند. این باکتری‌ها باکتری‌های کمک کننده مایکوریزا[6] نامیده می‌شوند. این پدیده علاوه بر این که باعث اتلاف انرژی می‌شود، توانایی تلقیح در غیاب میزبان‌های مناسب را به منظور کلونیزاسیون ریشه محصولات زراعی بعدی کاهش می‌دهد (دادز و میلنر، ۱۹۹۹). هادج (۲۰۰۰) گزارش

6 - Mycorhiza helper Bacteria (MHB)

کرد که مایکوریزا و باکتری‌های موجود در خاک در یک ارتباط متقابل اسید آمینه، ویتامین‌ها و برخی هورمون‌ها را ترشح می‌کنند که باعث تشدید رشد و تکثیر آنها می‌شود. باراً و آزکن- آگیلار (۱۹۸۲) ضمن انجام آزمایشی مشاهده کردند که قارچ مایکوریزا (*Glomus mosseae*) دو ماده شبیه به اسید جیبرلیک و چهار ماده دارای خواص سیتوکینین تولید کرد. ویواس و همکاران (۲۰۰٦) گزارش کردند که باکتری‌های بومی موجود در خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد. آنها همچنین گزارش کردند که باکتری‌ها ، پتانسل آلوده سازی میسلیوم‌های مایکوریزا را افزایش دادند و از سوی دیگر مایکوریزا باعث بهبود رشد و وضعیت تغذیه‌ای گیاه میزبان شد. سیلیا و باگیاراج (۱۹۸۷) گزارش کردند که تعداد باکتری‌های هیدرولز کننده اوره و نشاسته در خاک‌های مایکوریزوسفر در مقایسه با خاک ریزوسفری در گیاه *Guinea grass* بدون مایکوریزا افزایش یافت. مطالعات حاکی از آن است که همزیستی قارچ، متابولیسم گیاه را از طریق کمیت و کیفیت مواد دفع شده از ریشه تغییر می‌دهد که این موضوع بر توانایی باکتری‌ها در تولید و آزاد سازی تنظیم کننده‌های رشد گیاهی تأثیر می‌گذارد. هیکس و لویا نچان (۱۹۸۷) بیان کردن از آنجا که قارچ و باکتری، در داخل سلول‌های پوست ریشه عمل می‌کنند، لذا امکان دارد که حضور یکی از آنها بر میزان سرایت دیگری تأثیر داشته باشد. باراً و همکاران (۱۹۹۸) گزارش کردند که باکتری *Pseudomonas sp.* توسعه میسلیوم و جوانه زنی اسپورهای *Glomus mosseae* و نیز کلونیزاسین ریشه گوجه فرنگی را افزایش داد. آنها از مایکوریزا به عنوان حسگر زیستی برای ارزیابی اثرات ضد قارچی برخی از باکتری-های خاک، یاد کردند.

نتایج آزمایشی (داد و همکاران، ۱۹۹۰) که در خاک‌های غیر حاصلخیز و خاک‌هایی که فسفر در آنها غیر متحرک شده بود صورت گرفت، نشان داد که قارچ‌های مایکوریزا آرباسکولار سبب تحریک گره زایی و

تثبیت نیتروژن در لگوم می‌شوند. این تحریک صرفاً به تغذیه فسفر نسبت داده شد. فرنسون و همکاران (۱۹۹۱) ضمن ارائه نتایج مشابه برای سویا بیان کردند که غلظت فسفر در گره‌ها و کارایی مصرف فسفر در هر دو گروه گیاهان مایکوریزایی و شاهد به طور خطی با محتوای آب ریشه و خاک طی دوره برداشت، کاهش یافت. پاکوفسکی و همکاران (۱۹۸٦) گزارش کردند که قارچ‌های مایکوریزا آرباسکولار، اندازه و فعالیت گره‌های تثبیت کننده نیتروژن را افزایش دادند. آنها وقوع این وضعیت را در نتیجه اختصاص مواد فتوسنتزی به ریشه‌ها دانستند که از هر دو موجود همزیست حمایت می‌کنند. درصد فسفر در گره‌های گیاهان مایکوریزایی عموماً بیشتر از گیاهان غیر مایکوریزایی است که این عامل در افزایش اندازه گره‌ها و افزایش انرژی برای تثبیت نیتروژن دخالت دارد (کاوایی و یاماموتو، ۱۹۸٦).

هیمن (۱۹۸٦) گزارش کرد که در لگوم‌های مایکوریزایی شده تحت شرایط تنش فسفر، مایکوریزا گره-بندی، تثبیت نیتروژن، غلظت فسفر و رشد گیاه را افزایش داد. همچنین جذب عناصر کم مصرفی مثل روی و مس، ذخیره مواد فتوسنتزی، روابط آبی و تعادل هورمونی را تحت تأثیر قرار داد. او همچنین بیان کرد که مایکوریزا، توانایی رقابت لگوم‌ها را می‌تواند افزایش دهد. شابایف و همکاران (۱۹۹٦) و بتلنفالوی و همکاران (۱۹۸۷) نیز در مورد همزیستی سه جانبه سویا- ریبوزوم- گلوموس، گزارش مشابهی ارائه کردند. به طور کلی، گیاهان مایکوریزایی مقادیر بیشتری از عناصر ریز مغذی را از خاک جذب می‌کنند که این عناصر نقش مهمی در بهبود فرآیند تثبیت نیتروژن ایفا می‌کنند (اوهارا و همکاران، ۱۹۹۸). داد (۲۰۰۰) بیان کرد مایکوریزا، کارایی تثبیت نیتروژن توسط ریزوبیوم را افزایش می‌دهد. مشارکت ریزوبیوم و قارچ‌های مایکوریزا آرباسکولار تقریباً همیشه وجود دارد. اما ممکن است الزاماً بهترین ترکیب اجرای همزیستی برای گونه‌های گیاهی نباشد. کشاورزی پایدار سبب بهبود وضعیت هر

یک از این اجزای سه گانه شده و باعث می‌شود که تمام اجزاء در حد مطلوب خود باشند، به گونه‌ای که این اجزاء با هماهنگی و سازگاری کامل با هم عمل کنند (لیندرمن، ۱۹۹۱).

هیمن (۱۹۸٦) پیشنهاد کرد که همزیستی سه جانبه مایکوریزا- لگوم- ریزوبیوم، کلید بهره وری بیشتر لگوم‌ها در نظام‌های زراعی کم‌نهاده خواهد بود. وجود اثرات متقابل بین باکتری‌های حل‌کننده فسفات و قارچ‌های مایکوریزا آرباسکولار در گیاهان مختلف گزارش شده است (سوچی و همکاران، ۲۰۰٦؛ کرون و همکاران، ۱۹۸۷). داد و همکاران (۱۹۸۷) گزارش کردند که فعالیت اسید فسفاتاز در اطراف ریشه‌های گندم و پیاز در نتیجه کلونیزاسیون *G.mosseae* یا *G.geosporum* افزایش یافت. همچنین، وزن خشک اندام‌های هوایی و فسفر نیز افزایش پیدا کرد. نتایج آزمایش آنها معلوم نکرد که تعداد و فعالیت میکروب-های تولید کننده فسفاتاز می‌تواند از طریق آلودگی با مایکوریزا آرباسکولار افزایش یابد یا خیر؟ در مورد این که آیا افزایش در رشد گیاه، ناشی از افزایش دسترسی به فسفر حل شده توسط باکتری‌های حل‌کننده فسفات است و این که سایر میکروارگانیسم‌ها در این مورد دخالت دارند، گزارشات ضد و نقیضی وجود دارد، ولی به نظر می‌رسد که با توجه به اثرات متقابل بین باکتری‌های حل‌کننده فسفات و مایکوریزا آرباسکولار ممکن است افزایش در رشد گیاه صرف نظر از محلولیت فسفر، به خاطر هورمون‌های گیاهی و یا ویتامین‌های تولید شده توسط باکتری‌های حل‌کننده فسفات باشد (گریندلر، ۲۰۰۰). این که ویتامین-های تولید شده بیشتر بر رشد کدام یک از اجزای همزیستی (گیاه یا مایکوریزا آرباسکولار) مؤثر است، هنوز به طور کامل روشن نشده است. تغییرات میکروبی ریزوسفر، همزمان با تشکیل مایکوریزا اتفاق می-افتد. بنابراین هر گونه بحث در مورد اثرات متقابل بین قارچ‌های مایکوریزا و میکروارگانسیم‌های خاک،

باید با نظر گرفتن اثرات ژنوتیپ گیاه میزبان و فنولوژی آن، همچنین اثرات خاک و عوامل محیطی بر فرآیندهای میکوریزوسفر صورت گیرد (لیندرمن و دیویس، ۲۰۰٤؛ جفریر و همکاران، ۲۰۰۳).

بتلنفاوی و لیندرمن (۱۹۹۲) به نقل از باگیاراج و منگ (۱۹۷۸) گزارش کردند که ضمن تجزیه خاک ریزوسفر گوجه فرنگی مایکوریزایی شده با گونه *G.faciculatum* مشاهده شد که در محیط اطراف ریشه‌های آلوده به مایکوریزا در مقایسه با بوته‌های تلقیح نشده، جمعیت بیشتری از باکتری‌ها و اکتینومیست‌ها حضور داشتند. سسیلیا و باگیراج (۱۹۸۷) گزارش کردند که جمعیت کل باکتری‌های *Panicum maximum* همراه با گونه‌های *G.fasciculatum, Gigaspora margarita* و *Scelerocystis* نسبت به گیاهان غیرمایکوریزایی بیشتر بود. گزارش شده است که هیف‌های خارج سلولی قارچ‌های مایکوریزا آرباسکولار به عنوان مواد فیزیکی یا تغذیه‌ای برای باکتری ها محسوب می‌شوند (کاردوسو و کوپیر، ۲۰۰٦؛ هادج، ۲۰۰۰).

موجودات میکروبی همزیست با قارچ‌های مایکوریزا آرباسکولار بر توسعه بیشتر هیف در خاک و متابولیت های ثانویه آنها که توسط هیف جذب شده و به گیاه میزبان انتقال می‌گردد، اثرات زیادی دارند. دانیلز و ترپ (۱۹۸۰) گزارش کردند که اسپورهای *Glomus epigaeus* در خاک‌های اتوکلاو شده و یا تیمار شده با اشعه گاما جوانه نزدند ولی در خاک‌های غیر استریل جوانه زدند. مایو وهمکاران (۱۹۸٦) گزارش کردندکه اسپورهای ضد عفونی شده سطحی *Glomus versiform* در محیط آب، آگار نسبت به اسپورهایی که باکتری همراه بودند، کمتر جوانه زدند. برخی باکترهای متعلق به جنس‌های *Pseudomonas* و *Corynebacterium* جداسازی شده از اسپور قارچ‌ها، جوانه زنی اسپور و همچنین

رشد و انشعاب هیف اسپور را افزایش دادند. ازکون- آگوئیلار و بارا (۱۹۸۵) گزارش کردند که اضافه کردن عصاره خاک طبیعی، کلونیزاسیون مایکوریزا آرباسکولار حاصل از اسپورهای ضد عفونی سطحی شده را افزایش داد. مطالعات بیشتر آنها نشان داد که میکروارگانیسم‌های خاک، در رشد هیف اسپورهای جوانه زده و مراحل اولیه نفوذ قارچ‌های مایکوریزا آرباسکولار مؤثر هستند. حتی هنگامی که هیچ تماسی بین دو میکروارگانیسم نباشد، تحریک میکروبی قارچ‌های مایکوریزا آرباسکولار می‌تواند اتفاق بیفتد. و این امر حاکی از آن است که برخی مواد فرار و یا قابل انتشار، در این ساز و کار دخالت دارند.

برخی مطالعات به طور مستقیم نشان دادند که تعدادی از میکروب‌ها از تشکیل قارچ‌های مایکوریزا ممانعت می‌کنند، به طور مثال، ویلسون و همکاران (۱۹۸۸) گزارش کردند که جوانه زنی اسپور قارچ‌های *G.mosseae* و *G.etunicatum* در خاک چمن‌زار استریل نشده در مقایسه با خاک پاستوریزه شده و یا اتوکلاو شده، متوقف شد. برخی از گونه‌های باکتری‌های *Diazotrophic* در جنس‌های *Azospirillum, Beijerinkia, Clostridium, Azotobacter* و *Pseudomonas* قادرند نیتروژن اتمسفری را تثبیت کنند. برخی از محققین (بارا و همکاران، ۲۰۰۵ و ۱۹۹۷؛ تیلانک و سینک،۱۹۸۸؛ کاردوسو و کوپر، ۲۰۰۶؛ داد، ۲۰۰۰) وجود اثرمتقابل بین قارچ‌های مایکوریزا آرباسکولار و برخی باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن از قبیل ازتوباکتر، آزسپیریلوم و بیجرینکا را گزارش و بیان کرده‌اند که کاربرد توأم باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن و قارچ‌های مایکوریزا رشد گیاه را در مقایسه با کاربرد هر یک از آنها به تنهایی، افزایش داد، ولی در هیچ کدام از تیمارها، تثبیت نیتروژن آشکار نشد. برخی محققین پیشنهاد کردند که این باکتری‌ها ، هورمون‌های گیاهی تولید می‌کنند که می‌توانند سبب افزایش رشد گیاه شده یا رشد ریشه را تشدید کرده

و بنابراین ظرفیت جذب عناصر غذایی را بالا برده و شانس گیاه را در اجتناب از خشکی افزایش می‌دهند (بارا و همکاران، ۲۰۰۵ و ۱۹۹۷؛ کاپولینک و همکاران، ۱۹۸۷).

تیلاک و سینک (۱۹۸۸) گزارش کردند که باکتری *Azospirillum brasilense* کلونیزاسیون ریشه‌ها توسط قارچ‌های مایکوریزا آرباسکولار را تحریک کرده و رشد را در ارزن مرواریدی *Pennisetum glaucum* افزایش داد. آنها پیشنهاد کردند که وجود باکتری *Azospirillum brasilense* در پوست ریشه ارزن مرواریدی مایکوریزایی شده، احتمال وجود اثر متقابل بین قارچ‌های مایکوریزا آرباسکولار و باکتری آزسپیریلوم در داخل گیاه را تأیید می‌کند.

پاکوفسکی (۱۹۸۸) گزارش کرد که در سورگوم رشد کرده در شرایط نیتروژن و فسفر قابل دسترس کم، تلقیح با مایکوریزا گونه *G.fasciulatum* و باکتری *Azospirillum brasilense* سبب افزایش رشد بوته‌ها در مقایسه با گیاهان شاهد تلقیح نشده گردید، همچنین تلقیح دو جانبه، رشد را به میزان بیشتری نسبت به تلقیح با یک همزیست افزایش داد. او همچنین گزارش کرد که تلقیح با باکتری آزسپیریلوم سبب افزایش کلونیزاسیون مایکوریزا، زیست توده و تعداد ویزیکول‌های قارچی شد. بوته‌های تلقیح شده با مایکوریزا و باکتری، حاوی مقادیر کمتری نیتروژن بودند که دلیل این موضوع، می‌تواند رقابت بین باکتری و قارچ برای دریافت کربن از گیاه باشد. هریس و همکاران (۱۹۸۵) گزارش کردند که وجود مایکوریزا، تثبیت نیتروژن توسط *Azospirillum brasilense* را تا ٦٠ درصد کاهش داد و نیز سبب کاهش تثبیت خالص دی‌اکسیدکربن شد، اگر چه حضور مایکوریزا، کربن اختصاص یافته به ریشه‌ها را مقدار ٤ تا ٧٠ درصد

افزایش داد. این محققین پیشنهاد کردند که مایکوریزا احتمالاً با باکتری آزسپیریلوم برای دریافت کربن رقابت می‌کنند.

سوبارائو (۱۹۸۹) گزارش کردند که در یک آزمایش گلدانی، اثرات هم‌افزایی مایکوریزای آرباسکولار و باکتری *Azospirillum brasilense*، رشد جو را افزایش داد. تیلاک و همکاران (۱۹۸۷) گونه‌ای باکتری آزسپیریلوم را از ریشه‌های مایکوریزایی ضد عفونی سطحی شده پیاز (*Allium cepa L.*) و همچنین از اسپورهای ضد عفونی سطحی شده *Gigaspora gilmori* ، *G.fasciculatum, G.mosseae* و *G. intraradiees* جداسازی و بیان کردند که بین باکتری‌هایی که از فسفر و کربن ناشی از قارچ‌های مایکوریزا آرباسکولار استفاده می‌کنند و قارچ‌های مایکوریزا آرباسکولار که نیتروژن تثبیت شده توسط باکتری‌ها را به گیاه منتقل می‌کنند، ارتباط نزدیکی وجود دارد. ریزوباکترهای تحریک کننده رشد گیاه در ریزوسفر حضور داشته و استفاده از آنها در کشاورزی سبب بهبود رشد گیاه می‌شود (گریندلر، ۲۰۰۰).

گزارش شده است که باکتری‌های محرک رشد گیاه، می‌توانند آنتی بیوتیک‌ها یا مواد جانبی دیگری تولید کنند که میکروب‌های مضر را از بین می‌برند و یا هورمون‌های گیاهی (اکسین، جیبرلین، سیتوکینین)، اسید امینه (آرژنین، لیزین، تریپتوفان، هیستیدین، سیستئین)، اسید پالمتیک، ویتامین‌های گروه B و سایر ترکیبات که باعث رشد گیاه می‌شوند را تولید کرده و به طور مستقیم بر روی گیاه تأثیر می‌گذارند و یا اینکه از راه‌های مختلف وضعیت تغذیه‌ای گیاه را بهبود بخشند (کاردوسو و کوپر، ۲۰۰۶؛ مارتین و همکاران، ۱۹۸۹).

باکتری‌های محرک رشد گیاه قادر هستند مواد مؤثر در افزایش رشد را تولید کنند که این مواد توسط هیف قارچ مایکوریزا جذب می‌شوند. بیانچیوتو و بنفانته (۲۰۰۲) یک باکتری درون‌زی را از سیتوپلاسم برخی ایزوله‌های قارچ مایکوریزا متعلق به خانواده ژیگوسپوراسه، جداسازی و از آن به عنوان نمونه‌ای از زندگی همزیستی باکتریایی و قارچ نام بردند. آنها بیان کردند که باکتری‌های محرک رشد گیاه بر روی سطوح قارچ‌ها در ریزوسفر مستقر می‌شوند. همچنین شبکه هیفی گسترده مایکوریزا یک نیچ تخصصی برای باکتری فراهم می‌کند. بتلنفالوی و لیندرمن (۱۹۹۲) به نقل از مارتین و همکاران (۱۹۸۹) بیان کردند که هورمون‌های گیاهی تولید شده توسط باکتری‌های محرک رشد گیاه بر مورفولوژی ریشه، اثری مشابه اسید جیبرلیک و ایندول استیک اسید دارند. برخی محققین (گریندلر، ۲۰۰۰؛ بارا و همکاران، ۱۹۹۷ و ۱۹۹۲) بیان کردند که ممکن است اثرات متقابل از طریق تولید هورمون‌های گیاهی توسط باکتری‌های آزادزی تثبیت کننده نیتروژن رخ دهد، این محققین تأثیر هورمون‌های گیاهی به ویژه سیتوکینین را بر مایکوریزا گزارش کردند. گزارش شده است که هورمون ایندول استیک اسید تولید شده توسط باکتری به طور مستقیم توسط گیاهان جذب می‌شود در عین حال جذب این هورمون توسط قارچ‌های مایکوریزا آرباسکولار تسریع می‌گردد (داننبرگ و همکاران، ۱۹۹۲؛ بتلنفالوی و لیندرمن، ۱۹۹۲).

داننبرگ و همکاران (۱۹۹۲) سطوح بالتر اسید آبسزیک در ریشه ذرت مایکوریزایی شده تحت شرایط کمبود فسفر نسبت به شاهد را به کلونیزاسیون بیشتر ریشه و به دنبال آن جذب بیشتر فسفر نسبت دادند. میر و لیندرمن (۱۹۸٦) گزارش کرد که تلقیح دو جانبه شبدر با *Pseudomonas putida* و مایکوریزا، در مقایسه با تلقیح یک جانبه، رشد شبدر را به میزان بیشتری افزایش داد. آنها مشخص نکردند که آیا افزایش رشد در نتیجه اثر متقابل قارچ مایکوریزا آرباسکولار با باکتری‌های محرک رشد گیاه و یا به دلیل بهبود

گره زایی بود، ضمن اینکه مقدار عناصر غذایی در بافت‌های گیاهی در تلقیح دوجانبه نسبت به زمانی که میکروارگانیسم‌ها به طور جداگانه استفاده شده بودند، افزایش یافت. سوبارائو (۱۹۸۹) گزارش کرد که تلقیح ذرت با ازتوباکتر و آزسپیریلوم به همراه کود دامی، سبب افزایش رشد، تجمع ماده خشک، تولید دانه و پروتئین شد.

۳-۳-۲-فرآیند کلونیزه شدن ریشه

مؤثر بودن میکروارگانیسم‌های تلقیحی جهت کمک به رشد گیاه و یا کنترل زیستی، به بقاء استقرار و تکثیر آنها در مکان‌های آلودگی بر سطح ریشه بستگی دارد. کلونیزه شدن ریشه توسط موجودات تلقیح شده در دو مرحله اتفاق می‌افتد. فاز ۱- اتصال (باکتری یا قارچ) و انتقال آنها در ناحیه طویل شدن نوک ریشه. فاز ۲- میکروارگانیسم، در محل پخش شده و در محدوده نیچ با وجود رقابت با موجودات بومی خاک، تکثیر پیدا کرده و زنده باقی می‌ماند. در نهایت، سرنوشت میکروارگانیسم‌های تلقیحی، توسط توانایی آن‌ها در رقابت با میکروارگانیسم‌های بومی مشخص می‌شود (سیلویا و همکاران، ۲۰۰۵). نظر به این که ظرفیت نگهداری ریزوسفر محدود شده است، لذا گونه تلقیحی باید برای پایدار ماندن در خاک بر موجودات بومی غلبه کند.

رکوانا و همکاران (۱۹۹٦) ضمن ارزیابی پتانسیل طبیعی مایکوریزای یک بوم نظام بیابانی نیمه خشک بیان کردند که سطح ماده تلقیحی بومی برای حمایت از توسعه پوشش گیاهی در غیاب ماده تلقیحی اضافی، کافی نبود. جهرینگ و همکاران (۲۰۰٦) گزارش کردند که شرایط محیطی و به ویژه رطوبت، به میزان زیادی بر کلونیزاسیون مایکوریزا آرباسکولار تأثیر می‌گذارد. هاپکینز و همکاران (۱۹۸۷) گزارش

کردند که ژنوتیپ گیاه از طریق ایجاد تفاوت در کیفیت و کمیت ترشحات ریشه‌ای، بر مقدار و ترکیب میکروارگانیسم‌های ریزوسفر اثر می‌گذارد. در کشت گیاه میزبان، حتی بدون انجام عمل تلقیح نیز، همزیستی مایکوریزایی با مایکوریزای بومی اتفاق خواهد افتاد لذا گونه مایکوریزای انتخاب شده باید توانایی رقابت بیشتر و سرعت تلقیح بالاتر نسبت به جمعیت بومی داشته باشد (بروندرت و ابوت، ۲۰۰۲). تعادل میکروبیولوژی، توسط عوامل محیطی متنوعی از قبیل تیمارهای حرارتی، آفت‌کش‌ها و مواد شیمیایی که گروه‌های میکروارگانیسم را به حداقل می‌رسانند، تغییر می‌کند. در حالی که رشد دو موجود (قارچ و گیاه) وابسته به یکدیگر است، این ملاک ارزیابی، فقط رشد قارچ را در نظر می‌گیرد. میکروگراف‌های الکترونی نشان داده است که به طور طبیعی فقط ۷ تا ۱۵ درصد از سطح ریشه توسط میکرو ارگانیسم‌ها اشغال می‌شود (سیلویا وهمکاران، ۲۰۰۵). کلنی‌ها با حفرات، پارگی‌ها، شکاف‌ها و اتصالات سلول‌های اپیدرمی در ریشه، در ارتباط می‌باشند. سیگنال‌های شناسایی، در کلونیزه شدن و توسعه ریشه می‌توانند نقش مهمی ایفا کنند (هاریسون، ۲۰۰۵). برای مثال، باکتری‌هایی که به ترشحات ریشه می‌چسبند نسبت به باکتری‌هایی که این ویژگی را ندارند، بهتر می‌توانند حرکت رو به پایین ریشه را در خاک دنبال و در ریزوسفر، کلونی ایجاد کنند. ممکن است کل ریزوسفر توسط موجودی که با بذرها تلقیح شده است، کلنی شود، مسلماً در این حالت انتقال (فعال یا غیر فعال) مشکلی ایجاد نمی‌کند، اما حالت‌های زیادی وجود دارد که باکتری و قارچ به بذر تلقیح نشده‌اند، اما با این وجود در امتداد سطح ریشه منتقل می‌شود. بنابراین، انتقال میکروارگانیسم‌ها، بسته به ویژگی‌های میکروارگانیسم، گیاه و محیط می‌تواند بسیار متغیر باشد.

میلر و جاسترو (۱۹۹۲) پیشنهاد کردند به دلیل این که ریشه‌ها و هیف‌ها موقتی هستند، توانایی آنها جهت فعالیت، به عنوان عوامل ایجاد کننده ثبات باید با تولید پیوسته آنها، طول عمر آنها و تأثیر تولیدات آنها بر موجودات خاک مرتبط باشد. قارچ‌های مایکوریزا آرباسکولار فاقد میزبان اختصاصی هستند و شرایط بهره برداری آنها را ویژگی‌های بوم‌شناختی تعیین می‌کند (مگ گونیل و فیتر، ۱۹۹۰). معمولاً کلونیزاسیون به صورت چندگانه است اما به نظر می‌رسد که برای آن حالت ترجیهی هم وجود داشته باشد. قبل از معرفی این قارچ‌ها به مکان‌های جدید باید درجه آلوده کنندگی، مؤثر بودن و برتری آنها برای گیاهان زراعی یا علف‌های هرز میزبان از نظر تأثیر بر ترکیب جوامع میزبان از طریق مطالعه اثرات آنها بر رشد گونه‌های مختلف گیاهی تعیین شود (آلن، ۱۹۹۱). مؤثر بودن عبارت از توانایی گونه مایکوریزا در فراهم آوردن فسفر برای گیاه میزبانش است. آلوده کنندگی، عبارت است از توانایی که یک گونه مایکوریزا در تشکیل زندگی همزیستی با یک گیاه میزبان. تغییر در محیط خاک در طول فصل رشد می‌تواند بر کارایی قارچ‌های مایکوریزا تأثیر بگذارد (بازین و همکاران، ۱۹۹۰).

کلونیزاسیون چندگانه با استفاده از ترکیب مواد تلقیح قارچ مایکوریزا آرباسکولار می‌تواند سبب تغییرات در واکنش گیاه میزبان شده و اثرات مثبت بیشتری را برای گیاه فراهم آورد (دافت، ۱۹۸۳). فراول و همکاران (۱۹۸۵) بیان کردند که یک مانع محدود کننده برای کودهای زیستی از طریق تلقیح خاک یا تیمار بذری، کمبود روش‌هایی برای کشت انبوه و تلقیح میکروارگانیسم‌ها در نظام‌های تولیدی است. ویژگی‌های یک ماده ناقل مناسب برای مواد تلقیحی، ظرفیت نگهداری آب بالا، عدم سمیت برای ریبوزوم‌ها، دسترسی آسان، تولید ارزان و راحت، قابلیت استرلیزه شدن با اتوکلاو و با اشعه، چسبندگی خوب به بذر، و ظرفیت بافری بالاست (سوماسگاران و هوبن، ۱۹۹٤). جیانینازی و همکاران (۲۰۰۱) بیان

کردند که تکثیر قارچ‌های مایکوریزا آرباسکولار، باید در شرایطی مشابه شرایط نظام‌هایی که این قارچ‌ها به آنجا معرفی خواهند شد، انجام گیرد. آنها پیشنهاد کردند که برای تولید موفق مواد تلقیحی، به همکاری هرچه بیشتر بخش صنعت و علوم نیاز می‌باشد.

۳-٤-۱-باکتری ازتوباکتر

ازتوباکتر یک باکتری هوازی است که می‌تواند در فشار کم اکسیژن نیز به رشد خود ادامه دهد. این باکتری شیمیوارگانوتروف است و می‌تواند از قندها، الکل‌ها و نمک‌های اسیدی آلی برای رشد و تکثیر استفاده کند. قادر به تثبیت نیتروژن مولکولی به حالت غیر همزیست می‌باشد و می‌تواند حداقل ۱۰ میلی-گرم نیتروژن مولکولی را به ازاء هر یک گرم از کربوهیدرات مصرفی (معمولاً گلوکز) تثبیت نماید. اکثر گونه‌های ازتوباکتر قادر به استفاده از نمک‌های آمونیوم و نیترات هستند. همچنین می‌توانند بعضی اسید-های آمینه را به عنوان منبع نیتروژن استفاده نمایند. ازتوباکتر دارای آنزیم کاتالاز و همین‌طور سوپراکسید دیسموتاز (SOD) فعالی است که برای حفاظت آنزیم نیتروژناز از اکسیژن ضروری است. محدوده pH مناسب برای رشد و تثبیت نیتروژن ۷ تا ۷/۵ می‌باشد. ازتوباکتر برای رشد مطلوب به آهن کافی نیاز دارد اما در محیط‌های با آهن کم نیز با تولید سیدروفورها قادر به رشد است (لوریتو وهمکاران، ۱۹۹٤؛ هاس و دفاگو، ۲۰۰۵). اگر چه اهمیت باکتری‌های محرک رشد آزادزی هوازی از نظر اکولوژی کاملاً روشن نیست ولی در این مورد اتفاق نظر وجود دارد که این میکرو ارگانیسم‌ها اهمیت کمی در تغذیه نیتروژنی گیاهان زراعی دارند و اثر مستقیم آنها در رشد گیاه احتمالاً به واسطه تولید مواد تحریک کننده رشد نظیر هورمون‌ها می‌باشد.

ازتو باکترها در زیستگاه‌هایی مانند خاک، سطح برگ، آبهای شیرین و در مناطق مختلف از محیط‌های حاره‌ای تا قطبی و در محدوده pH ۳ تا ۹ یافت می‌شوند و بهترین pH مناسب برای تثبیت نیتروژن بین ۷/۵-۷ است. تعداد گونه ازتوباکتر اغلب به pH، دما، مقدار رطوبت و عناصری مانند کلسیم خاک بستگی دارد. در نواحی معتدل عمدتاً در خاک‌های خنثی تا قلیایی، گونه غالب کروکوم است، در حالی که گونه وینلاندی در خاک‌های قلیایی نواحی حاره و نیمه حاره یافت می‌شود. ازتوباکترها معمولاً به حالت آزاد در لایه سطحی خاک و همچنین در ریزوسفر گیاهان مختلف یافت می‌شوند.

با افزایش عمق خاک، جمعیت ازتوباکترها کاهش می‌یابد. تحقیقات نشان می‌دهد که با افزایش ارتفاع منطقه، ظرفیت تثبیت نیتروژن افزایش می‌یابد و این مسئله را می‌توان به کاهش فشار اکسیژن در ارتفاعات نسبت داد که کار تثبیت نیتروژن در دیازوتروف‌های آزادزی از جمله ازتوباکترها را تسهیل می‌کند. یکی از عوامل محدود کننده رشد ازتوباکتر در محیط‌های طبیعی کمبود مواد آلی است تحقیقات در روسیه نشان می‌دهد که حداکثر جمعیت ازتوباکتر در خاک‌های زراعی حاوی کود دامی مشاهده می شود. معمولاً تعداد ازتوباکتر در هر گرم خاک کمتر از $۱۰^{٤}$ است (پراساد و پاور، ۱۹۹۷).

۳-٤-۲-باکتری آزوسپریلیوم

گونه‌های *Azospirillum* در زیر کلاس a از پروتئوباکترها قرار دارند. بر اساس توالی نوکلئوتیدها تا به حال ۷ گونه آزوسپریلیوم شناسایی شده است. گونه‌های *A.brasilense, A.irakenese A.halopraeferens* *A.amazonese,* و *A.lipoferum* پیش از این شناسایی شده و دو گونه *A.largomobile* و *A.doeberinerae* در طی تحقیقات بعدی معرفی شدند. از لحاظ شکل ظاهری به صورت خمیده تا s

شکل بوده و قطری حدود 1µm دارند. انواع آزوسپریلیوم در فشار کم اکسیژن قادر به تثبیت بیولوژیک نیتروژن هستند که این شرایط میکروایروبیک[7] نامیده می‌شود.وجود تاژک قطبی از جمله ویژگی‌های آنها است که امکان حرکت در محیط مایع را برای باکتری فراهم می‌سازد. همچنین در محیط جامد برخی گونه‌های این جنس دارای تاژک‌های جانبی هستند. باکتری‌های جنس آزوسپریلیوم در سلول خود دانه-های چربی هیدروکسی بوتیرات دارند که گاهی تا ۷۰ درصد وزن سلولی آنها را تشکیل می‌دهد (باشان وهمکاران، ۲۰۰٤). باکتری‌های این جنس انواع مختلفی از همیاری[8] را در گونه‌های مختلف گیاهی نشان می‌دهند. در ابتدا باور بر آن بود که این باکتری‌ها تنها در محیط ریزوسفر یافت می‌شوند، اما تحقیقات بعدی نشان داد که می‌توان آنها را از خاک و نیز به صورت سویه‌های اندوفیت جدا سازی نمود که قادر به کلونیزاسیون بخش داخلی ریشه بوده و بنابراین نیتروژن را با راندمان بالاتری تأمین می‌نمایند (هووارس و همکاران، ۲۰۰۲؛ فیچر و همکاران، ۲۰۰۳).

همچنین باکتری‌های جنس *Azospirillum* که دارای پتانسیل کاربرد در سیستم‌های کشاورزی هستند، در حدود ۷۰ درصد موارد می‌توانند توانایی تولید را ۳۰٪ افزایش دهند (کاتوپیتیا و همکاران، ۱۹۹۵؛ باشان و هولگین، ۱۹۹۷). تلقیح با این باکتری می‌تواند وزن خشک، مقدار کل نیتروژن در گیاه، عملکرد دانه، وزن دانه‌ها و سرعت جوانه زنی بذور را افزایش داده و نیز زمان لازم برای طی مراحل مختلف رشد در گیاهان را تغییر دهد (پاندی و همکاران، ۱۹۹۸). اثرات مثبت باکتری *Azospirillum* تنها به دلیل تثبیت نیتروژن نیست بلکه عمدتاً بدلیل افزایش راندمان جذب آب و عناصر غذایی است که با توسعه سیستم ریشه‌ای و در نتیجه افزایش سطح خاک قابل دسترس توسط ریشه‌ها رخ می‌دهد (باشان و هولگین، ۱۹۹۷؛ ریز و

7- Microaerobic
8- Association

همکاران، ۲۰۰۰). برآورد واکنش گیاهان مختلف به تلقیح باکتری *Azospirillum* بسیار متفاوت بوده و نتایج آزمایشات با توجه به عواملی مانند نوع روش تلقیح، میزان ماده تلقیحی، بقای سویه‌های مورد استفاده، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، شرایط فیزیولوژیکی باکتری‌ها، ژنوتیپ گیاه، حضور موجودات خاکزی بومی و وجود آفت‌کش‌ها در محیط به شدت تغییر پیدا کرده و با یکدیگر متناقض هستند (دالا سانتا و همکاران، ۲۰۰٤). تحقیقات نشان می‌دهد که اگر در تلقیح با *Azospirillum* عملکرد بیش از ۲۰٪ افزایش یابد، این نوع باکتری را می‌توان به صورت تجاری و برای کاربرد در سیستم‌های کشاورزی معرفی نمود (باشان و لوانونی، ۱۹۹۰).

۳-٤-۳-اثرات مفید باکتری‌های محرک رشد بر گیاهان

تحریک رشد گیاهان توسط باکتری‌های ریزوسفری می‌تواند به دو روش مستقیم و غیر مستقیم رخ دهد. در روش مستقیم باکتری‌ها از طریق تثبیت نیتروژن اتمسفری، افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی در ناحیه ریزوسفر و افزایش سطح تماس ریشه، اثرات سودمند خود را نشان می‌دهند (گلایک، ۱۹۹۵). اثر غیر مستقیم باکتری‌ها بر رشد گیاه هنگامی مشخص می‌شود که PGPR شرایط محدود کننده رشد گیاه را از بین برده و یا کاهش دهد. این فرآیند با تولید برخی ترکیبات (لئونگ، ۱۹۸٦) و یا القاء مقاومت به عوامل بیماری‌زا (لیو و همکاران، ۱۹۹۵) انجام می‌شود. یک باکتری می‌تواند رشد گیاه را بوسیله یک یا تعدادی از این مکانیسم‌ها تحت تأثیر قرار دهد و نیز از توانایی‌های مختلف خود در زمان‌های متفاوت دوره زندگی گیاه برای افزایش رشد استفاده نماید (گلایک و همکاران، ۱۹۹۹). به ویژه در مورد انواع باکتری‌های آزادزی که قادرند علاوه بر تثبیت نیتروژن و افزایش قابلیت دسترسی به ترکیبات غیر محلول

مانند فسفات، با تولید انواع متابولیت‌ها، رشد گیاه را به ویژه در شرایط نامساعد محیطی بهبود بخشند (سینگ، ۱۹۹۳؛ وانگ و همکاران، ۱۹۹۳).

۳-٤-۳-۱-اثرات مثبت بر توسعه سیستم ریشه‌ای

تغییر در مورفولوژی ریشه و افزایش سطح آن می‌تواند به جذب بهتر عناصر غذایی از خاک کمک نماید. از مهمترین مزایای تلقیح با باکتری‌های محرک رشد بر خصوصیات ریشه می‌توان به افزایش طول ریشه، افزایش تعداد و طول ریشه‌های جانبی، تسریع در ظهور ریشه‌های مویین، افزایش تقسیم سلولی در مریستم ریشه، تغییر در محل استقرار سلول‌های کورتکس و تأثیر بر ترشحات ریشه‌ای اشاره کرد (باشان و همکاران، ۱۹۹۱؛ باشان و لوانونی، ۱۹۸۹؛ لین و همکاران، ۱۹۸۳؛ کاپولنیک و همکاران، ۱۹۸۵).

تحقیقات نشان داده است که تلقیح گیاهان با ازتوباکتر و آزسپریلوم علاوه بر بهبود رشد ریشه‌ها، موجب افزایش رشد اندام‌های هوایی و رشد گیاه می‌شود (میگاهد و همکاران، ۲۰۰٤). گیلیک وهمکاران (۲۰۰۱) نشان دادند باکتری‌هایی که به عنوان PGPR مورد استفاده قرار می‌گیرند از طریق تولید هورمون-های محرک رشد باعث افزایش رشد انواع گیاهان، درصد جوانه‌زنی بذرها، ریشه‌زایی و گسترش ریشه می‌شوند (گیلیک و همکاران، ۲۰۰۱). در ذرت تلقیح بذر با سویه‌های آزسپریلوم علاوه بر تأثیر عمده بر محیط ریشه و اشغال محدوده اطراف ریشه (گافنی و همکاران، ۱۹۸٦) سبب افزایش سطح ریشه (فالیک و همکاران، ۱۹۸۹)، افزایش وزن خشک اندام هوایی و در نهایت افزایش عملکرد گردید (فولچیری و فریونی، ۱۹۹٤).

تلقیح با باکتری *Pseudomonas spp.* وزن ریشه را در گندم بهاره (والی و جرمیدا، ۱۹۹۷) بالا برده و سازگاری آن را نسبت به محیط افزایش داد (میسکو و جرمیدا، ۲۰۰۲). باید توجه داشت که هنگام مطالعه ریشه، تعیین طول ریشه و سطح تماس آن از دیدگاه خاکشناسی دارای اهمیت بیشتری نسبت به ریشه است و باید در مطالعات این دو صفت بیشتر مد نظر قرار گیرند. به عنوان تلقیح ریشه‌های سویا با *A.brasilense* SP7 وزن خشک ریشه را ٦٣٪ افزایش داد. در حالی که طول ویژه ریشه (طول ریشه در واحد وزن خشک ریشه) بیش از ٦ برابر و طول آن بیش از ۱۰ برابر افزایش پیدا کرد (مولا و همکاران، ۲۰۰۱).

توانمندی باکتری‌های محرک رشد در توسعه سیستم ریشه‌ای بویژه در مراحل اولیه رشد می‌تواند نقش تعیین کننده‌ای در حیات گیاه در مناطق خشک و نیمه خشک ایفا نماید. کمبود منابع آب و شوری خاک-ها مشکل عمده این نواحی تلقی می‌گردد. در این شرایط کاربرد PGPR سبب ایجاد ریشه‌های عمیق‌تر در گیاه شده و در نتیجه از اثرات منفی تنش خشکی بر گیاهچه‌های گندم (آلوارز و همکاران، ۱۹۹٦) و ذرت (کاسانواز و همکاران، ۲۰۰۲) می‌کاهد. به علاوه تلقیح با سویه‌های *A.brasilense* باعث کاهش اثر NaCl بر گیاهچه‌های گندم می‌شود (کروس و همکاران، ۱۹۹۷). تأثیرات مثبت تلقیح با باکتری آزوسپریلیوم بر رشد گیاهان نخود آبیاری شده با آب شور نیز مشاهده شده است (هاماوی و همکاران، ۲۰۰۱).

۳-٤-۳-۲-تولید مواد تحریک کننده رشد گیاهی

در دهه‌های اخیر شواهد بسیاری نشان داده است که باکتری‌های محرک رشد قادرند علاوه بر تثبیت نیتروژن، از طریق سنتز هورمون‌های گیاهی مختلف در افزایش رشد گیاهان مؤثر باشند. هورمون‌های رشد گیاهی، تنظیم کننده‌های رشد گیاهی نیز نامیده می‌شوند که در رشد و توسعه گیاه نقش دارند. هورمون‌های گیاهی مواد آلی هستند که در غلظت‌های بسیار کم بر فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاهان تأثیر می‌گذارند. شش گروه عمده هورمون‌های گیاهی شامل جیبرلین‌ها، سیتوکینین‌ها، آبسزیک اسید، اتیلن، براسینواستروئیدها و اکسین‌ها می‌باشند. در بسیاری از موارد این هورمون‌های گیاهی تخصیص ذخایر گیاهی را در گیاهان تغییر داده و رشد ریشه گیاه را افزایش می‌دهند. به این ترتیب ریشه‌های بزرگتر، ریشه‌های فرعی بیشتر و در نتیجه سطح تماس بیشتری را برای جذب آب و مواد غذایی ایجاد می‌کنند (دابلائر و همکاران، ۲۰۰۱).

آزمایشات انجام شده در شرایط آزمایشگاهی با آزوسپریلیوم به عنوان یک باکتری محرک رشد گیاهی، تولید هورمون‌های گیاهی اکسین، جیبرلین، سیتوکینین و اتیلن را اثبات کرده‌اند (پاتن و گلایک، ۱۹۹٦). همچنین سنتز هورمون‌های فوق توسط بسیاری از سویه‌های ازتوباکتر نیز مشخص شده است (لیم و همکاران، ۱۹۹۱؛ مانسفلدگیس و همکاران، ۲۰۰۰). تأثیر مثبت اکسین و بویژه ایندول استیک اسید (IAA) که یکی از فعال‌ترین اکسین‌ها است بر شکل گیری ریشه، تقسیم سلولی و توسعه سلول‌های گیاه مشخص شده است (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۸۲). به دلیل وجود منابع غذایی فراوان در ناحیه ریزوسفر موجودات این ناحیه قادرند اکسین را به عنوان متابولیت‌های ثانویه تولید و آزاد نمایند (استرزلزیک و پوکاجسکا، ۱۹۸٤). IAA حاصل متابولیسم تریپتوفان است که عموماً توسط باکتری‌های محرک رشد نیز ترشح می‌گردد (برازانی و فریدمان، ۱۹۹۹). تین و همکاران (۱۹۷۹) نشان دادند که *A.beasilense* قادر

است IAA را به فرم ایندول لاکتیک اسید در حضور تریپتوفان تولید نماید (تین و همکاران، ۱۹۷۹). ۷۲ ساعت پس از افزودن تریپتوفان به محیط کشت*A.beasilense* strain Sp245 در حدود IAA 15mg/L تولید نمود (زخاروا و همکاران، ۱۹۹۹). حضور IAA و ترکیبات مرتبط در محیط رشد مانند *Acetobacter diazotrophicus* (دفرتیز و همکاران، ۱۹۹۷)، *Rhizobium leguminosarum bv.*, *Bradyrhizobium elkanii , klebsiella pneumonia, Paenibacillus polymyxa, Phaseoli* اثبات شده است. مطالعات نشان داده است که باکتری‌های PGPR از طریق سنتز هورمون اکسین قادر به تحریک رشد گیاه می‌باشند (فالیک و اکان، ۱۹۹٦). انواع دیگری از هورمون‌های گیاهی نیز توسط باکتری‌ها تولید می‌شوند ولی تولید آنها به اندازه IAA نیست.

سیتوکینین‌ها تقسیمات سلولی، توسعه بافت، جوانه‌زنی بذر، تجمع کلروفیل و تأخیر پیری را در بخش-های مختلف گیاه سبب می‌شوند (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۸۲). هر چند افزایش در تولید این ترکیبات بر نمو ریشه اثر بازدارندگی دارد (بینس، ۱۹۹٤). سیتوکینین‌ها جزء سیگنال‌هایی هستند که در شرایط تنش-های محیطی از ریشه‌ها به سمت اندام‌های هوایی ارسال می‌شوند (جکسون، ۱۹۹۳) و مقدار آنها با تغییرات ریشه و شرایط خاک متفاوت خواهد بود (تیماسک و همکاران، ۱۹۹۹). فرانکربرگر و ارشد (۱۹۹۵) در مورد تأثیر پیش ماده سنتز سیتوکینین، آدنین (ADE) و ایزوپنتیل الکل (IA) و باکتری *Azotobacter chroococcum* بر روی شکل و رشد تربچه و رشد ذرت در محیط‌های کشت مصنوعی، گلخانه و شرایط مزرعه مطالعه کردند. ترکیب ADE و IA همراه باکتری، رشد گیاهان را در مقایسه با زمانی که پیش ماده و یا باکتری به تنهایی استفاده شدند بیشتر افزایش داد. این بهبود در رشد گیاه به افزایش در سیتوکینین توسط باکتری *A.chroococum* در ریزوسفر نسبت داده شده است. آزمایشات گیاه

برنج در مزرعه نشان داده که تیمار ریشه‌ها با تیمار این هورمون می‌تواند عملکرد و میزان N, P, K دانه‌ها را افزایش دهد. این نتایج تأثیر سیتوکینین استخراج شده از باکتری در افزایش رشد گیاهان تلقیح شده را تأیید می‌نماید (زهیر و همکاران، ۲۰۰۱).

جیبرلین می‌تواند موجب افزایش رشد و بهبود ساختار گیاه شود. بهبود ساختار ریشه به افزایش جذب عناصر غذایی خاک کمک می‌کند و بنابراین منجر به رشد بیشتر اندام‌های فتوسنتزی و گیاه می‌گردد. تا امروز حدود ۸۹ نوع GA شناخته شده است که فعال‌ترین آنها در گیاهان GA3 می‌باشد که مسئول طویل شدن ساقه است (دیویس، ۱۹۹۵). در یکی از مطالعات تأثیر مشابه تلقیح گوجه فرنگی با باکتری *Azotobacter chroococum* و کاربرد جیبرلین گزارش شده است (جکسون و همکاران، ۱۹٦٤). از آنجایی که باکتری *A.brasilense* و *A.lipoferum* ارتفاع بوته را در میزان کاربرد ۰/۱ میکروگرم جیبرلین افزایش می‌دهند لاکانجلی و بوتینی (۱۹۹۷) نتیجه گیری کردند که جیبرلین‌های تولید شده به وسیله سویه‌های آزسپریلوم نقش مهمی در مراحل اولیه رشد غلات ایفا می‌کنند (جاگر و همکاران، ۱۹۹۹). آزوسپریلیوم قادر به کاهش اثرات کمبود آب در گیاهچه غلات در شرایط تنش شوری و اسمزی است (کاپر و کامبل، ۱۹۸٦؛ فائو، ۲۰۰۵) که می‌تواند تا حدی مرتبط با تولید GA توسط این باکتری باشد (پیکولای و همکاران، ۱۹۹۹).

اتیلن تنها هورمون گیاهی به فرم گاز است که در نتیجه تأثیر انواع تنش‌های فیزیکی و شیمیایی در بافت-های گیاه تولید می‌شود (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۸۲؛ بلیمو و همکاران، ۲۰۰۲). بسته به میزان غلظت، فرآیندهای فیزیولوژیکی طبیعی و مرحله رشدی گیاه، این ترکیب می‌تواند اثر تحریک کنندگی و یا اثر

بازدارندگی داشته باشد. به این ترتیب هر عاملی که سطح اتیلن را در داخل گیاه تغییر دهد می‌تواند رشد و نمو بافت‌های گیاه را نیز تحت تأثیر قرار دهد (سالانتر و همکاران، ۲۰۰٦). تحقیقات گلیک و همکاران (۱۹۹۸) نشان داد که برخی از انواع باکتری‌های محرک رشد آنزیم آمینو سیکلو پروپان کربوکسیلیک اسید دی آمیناز (ACC-deaminase) را تولید می‌نمایند. این آنزیم، ACC که پیش ماده تولید اتیلن در گیاهان به شمار می‌رود را به کتوبوتیرات و آمونیوم هیدرولیز می‌نماید. به این ترتیب فعالیت ACC deaminase کاهش تولید اتیلن در ریشه را به همراه داشته و لذا رشد ریشه بهتر می‌شود (پنروس و همکاران، ۲۰۰۱). نتایج حاصل از آزمایشی برروی گیاه ذرت نشان داد که تلقیح با برخی از سویه‌های باکتری *Peseudomonas* منجر به افزایش معنی دار در ارتفاع، وزن ریشه و بیوماس کل ذرت در مقایسه با شرایط شاهد شد. به نظر می‌رسد این سویه‌ها از طریق کاهش میزان بازدارندگی اتیلن در ریشه‌ها، موجب افزایش رشد ریشه گیاه می‌شوند. در نتیجه با بهبود رشد ریشه، عملکرد و رشد ساقه نیز افزایش می‌یابد. اخیراً در تحقیق دیگری مشخص شده است که رابطه مثبت و معنی‌داری بین فعالیت ACC-deaminase و طول ریشه در ذرت به واسطه تلقیح با باکتری ریزوسفری وجود دارد. مطالعات نشان داده است که عملکرد دانه و رشد ریشه گیاهان تلقیح یافته با رایزوباکتر به دلیل افزایش فعالیت ACC-deaminase بهبود می‌یابد (باشان و همکاران، ۲۰۰٤).

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٪ کود شیمیایی + ۲۵٪ کود آلی + مصرف کود بیولوژیک، برای دستیابی به عملکرد دانه، عملکرد روغن و درصد پروتئین بیشتر توصیه شد. و تیمار ۵۰٪ کود شیمیایی + ۵۰٪ 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 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 (سینرژیستی) ترکیب باکتری‌های مذکور با یکدیگر در جهت افزایش عملکرد است (احمدی واوسری، ۱۳۸۸).همچنین ساجدی‌نیک و همکاران (۱۳۸۹) بیان نمودند کاربرد کود بیولوژیک نیتروکسین باعث افزایش ۸/۵ درصدی عملکرد دانه کنجد نسبت به عدم استفاده نیتروکسین شد.

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).

ناصری و همکاران (۱۳۸۹) به این نتیجه رسیدند استفاده از ازتوباکتر و آزسپریلیوم در گلرنگ رقم سینا نسبت به تیمار عدم تلقیح باعث افزایش عملکرد، اجزای عملکرد و درصد روغن گردید. اثر برهمکنش کود نیتروژن و کود زیستی برای صفات عملکرد و اجزای عملکرد و درصد روغن معنی‌دار گردید. بیشترین عملکرد دانه در ۳۰ و ٦۰ کیلوگرم در هکتار همراه با کود زیستی ازتوباکتر بدست آمد. بین تیمارهای ۳۰ و ٦۰ کیلوگرم در هکتار اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. با کاهش ۵۰ درصد کود نیتروژن در مقایسه با ٦۰ کیلوگرم در هکتار همراه با کود زیستی ازتوباکتر به عملکرد قابل قبولی در گیاه گلرنگ دست یافتند.

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 تنهایی به طور معنی‌داری افزایش داد که بیان کننده اثر سینرژیستی بود.

نجاری صادقی و همکاران (۱۳۸۹) اظهار داشتند وقتی بذور کلزای پاییزه رقم SLM 046 بعد از تلقیح با کود زیستی شامل ازتوباکتر، آزسپریلیوم و سودوموناس کاشته شدند، وزن هزار دانه از ٤/٦ به ۵/۳ گرم بهبود پیدا کرد و به طبع آن عملکرد دانه نیز با ۱۱/۵ درصد افزایش از ۳۰۳۸ به ۳٤۳۰ کیلوگرم در هکتار رسید. در حالت عدم استفاده از کود زیستی کاربرد اوره تا سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار رسید. در حالت عدم استفاده از کود زیستی کاربرد اوره تا سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه حدود ۲۱ درصد

نسبت به شاهد بهبود یافت. حضور کود زیستی توانست مصرف کود اوره را از ۱۰۰ به ٦٨ کیلوگرم در هکتار کاهش و کارایی مصرف نیتروژن را افزایش دهد.

مطالعه‌ای به منظور بررسی اثر سیستم‌های تغذیه آلی، تلفیقی، شیمیایی و باکتری‌های افزاینده رشد (PGPR) بر مراحل فنولوژی، عملکرد و اجزای رقم آلستار آفتابگردان به اجرا در آمد. نتایج بیانگر آن بود که سیستم تغذیه شیمیایی به واحدهای گرمایی کمتری برای مراحل مختلف ظهور طبق، رسیدگی و گل-دهی 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. بذور تلقیح شده با باکتری ازتوباکتر و آزسپریلیوم، عملکرد دانه، ارتفاع و میزان روغن را در مقایسه با تیمار کنترل افزایش و درجه روزهای گرمایی برای مراحل فنولوژی را کاهش دادند. بنابراین خصوصیات کمی و کیفی آفتابگردان در ترکیب کود زیستی و سیستم تلفیقی از کود دامی و شیمیایی نسبت به زمانی که به تنهایی استفاده می‌شود نتیجه بهتری دارند (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، ۲۰۱۰).

در مطالعه‌ای که تلقیح دانه با ازتوباکتر و چهار سطح کود نیتروژن (۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) بر رشد و عملکرد رقم آذرگل آفتابگردان مورد بررسی قرار گرفت. با تلقیح بذر با باکتری، ارتفاع گیاه و عملکرد بیولوژیک افزایش معنی‌داری نسبت به عدم تلقیح نشان داد. و اثر مثبت تلقیح ازتوباکتر با افزایش سطوح نیتروژن کاهش یافت و بر طبق نتایج این آزمایش با کاربرد ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار برای عملکرد مناسب توصیه شد و برای افزایش عملکرد دانه و روغن سطح قابل قبولی است، بنابراین می‌تواند به عنوان یک جانشین مناسب برای کودهای شیمیایی نیتروژن در سیستم‌های کشاورزی ارگانیک باشد(سلیمان‌زاده و همکاران، ۲۰۱۰).

شوقی و همکاران (۱۳۸۹) اظهار داشتند 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، پوکی 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 نیتروکسین، سوپر نیتروپلاس، مایه تلقیح حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات‌های نامحلول و قارچ مایکوریزا نقش مفید و مؤثری در بهبود ویژگی‌های رشد، عملکرد اندام‌های هوایی و خصوصیات کیفی گیاه دارویی زوفا نشان دادند (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۷).

در آزمایش مشابه‌ای که اثر کودهای بیولوژیک نیتروکسین و باکتری حل‌کننده فسفات در بابونه *(Matricaria recutitia)* مورد بررسی قرار گرفت نتایج نشان داد کودهای بیولوژیک می‌توانند در کشاورزی پایدار به عنوان یک جایگزین برای کودهای شیمیایی در گیاه دارویی بابونه مطرح شوند (فلاحی و همکاران، ۱۳۸۸). همچنین خرم‌دل و همکاران (۱۳۸۷) افزایش عملکرد و بهبود خصوصیات رشدی در سیاهدانه (*Nigeella sativa* L.) را با مصرف کود بیولوژیک گزارش نمودند.

با کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی زعفران (*Crocus sativus*L.) نیز افزایش یافت. همچنین نتایج نشان داد با مصرف کود زیستی نیتروکسین می‌توان مصرف کود شیمیایی نیتروژن را کاهش داد که در راستای کشاورزی پایدار می‌باشد (امیدی و همکاران، ۱۳۸۸).

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، ۱۳۸٦).

جهان و همکاران (۱۳۸٦) 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 (ویو و همکاران، ۲۰۰۵).

در مطالعه شفاعتی و همکاران (۱۳۸۹) مصرف باکتری‌های محرک رشد در همه صفات جو به جز صفت تعداد دانه در سنبله از نظر آماری تأثیر معنی‌داری داشته است. تلقیح تلفیقی باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن و تثبیت کننده فسفر باعث افزایش در تمامی صفات به جز تعدادکل پنجه‌ها و پنجه نابارور شد. اثر متقابل کود اوره و باکتری‌های محرک رشد در صفات عملکرد بیولوژیک و تعداد پنجه بارور به ترتیب در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد معنی‌دار شد. و مصرف کود بیولوژیک همراه با کود شیمیایی جهت بهبود رشد و عملکرد جو توصیه شد.

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. کاربرد باکتری ازتوباکتر موجب افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه گردید، از طرف دیگر تلقیح توأم باکتری ازتوباکتر و آزوسپریلیوم موجب افزایش معنی‌دار تعداد سنبله در متر مربع و وزن هزار دانه شد.اثر باکتری سودوموناس پوتیدا ٤١ بر عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک معنی‌دار شد و به ترتیب موجب افزایش ٢٦/٢١ و ١٥/٤٩ درصدی عملکرد نسبت به تیمار رتبه آخر شد (ارشادمرادی و همکاران، ١٣٨٩).

٣-٦- اهمیت کود شمیایی فسفر

گیاهان عمدتاً فسفر را به صورت یون‌های ارتوفسفات (H_2PO_4) جذب می‌کنند. هر چند غلظت این یون-ها 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 ٦/٨ 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 ٧/٢) برای گیاه قابل جذب نمی‌باشد. کودهای 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، ١٣٨٧).

فسفر در کلیه فرآیندهای بیوشیمیایی، ترکیبات انرژی‌زا و مکانیسم‌های انتقال انرژی دخالت دارد. افزون بر آن، فسفر جزئی از پروتئین سلول بوده وبه 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 مقاومت غلات نسبت به بیماری‌ها شده و اثرات مثبتی بر مقاومت غلات بر سرمای زمستان، خوابیدگی و زودرسی محصول دارد (فلاح و خاوازی، ۱۳۸۰).

۳-٦-۱- اهمیت کود 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 مقدار۵۰ کیلوگرم در هکتارفسفرخالص توصیه شده است.

مواد و

روش‌ها

٤-١-موقعیت محل و زمان اجرای طرح

این آزمایش در سال ۱۳۹۰ در مزرعه آموزشی-پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری واقع در ۹ کیلومتری جاده خزرآباد به طول ۵۳ درجه و ٤ دقیقه شرقی و عرض ۳٦ درجه و ۳۹ دقیقه شمالی و در ارتفاع ١٤ متر از سطح دریا به اجرا در آمد. داده‌های هواشناسی این منطقه دارای تابستان گرم و نسبتاً مرطوب و زمستان‌های سرد و مرطوب بوده است.

٤-٢-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 پیوست-۱ آورده شده است. بذر مورد استفاده رقم ناز تک شاخه بوده که سازگار با منطقه ساری است و از مرکز تحقیقات کشاورزی ساری تهیه گردید.

٤-٣-پیاده نمودن نقشه آزمایشی

٤-٣-١-طرح آزمایش

آزمایشی به صورت فاکتوریل در پایه طرح بلوک کامل تصادفی در ٤ تکرار اجرا گردید. فاکتورهای مورد بررسی در این آزمایش قارچ مایکوریزا (در دو سطح تلقیح و عدم تلقیح)، باکتری محرک رشد (در دو سطح تلقیح و عدم تلقیح) و کود فسفر(در سه سطح ۰، ۳۵ و ۷۰ کیلوگرم در هکتار) بود. هر کرت شامل

۵ ردیف کاشت به طول ٤ و عرض ۲.۵ متر (فواصل بین خطوط کاشت ۵۰ سانتی‌متر) بود. مساحت قطعه زمینی که آزمایش در آن انجام گرفت با احتساب حواشی و راهروها حدود ۷۰۰ متر مربع بوده است.

٤-۳-۲-تلقیح بذر

مایه تلقیح مایکوریزا در 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 کرده و مایکوریزا را به صورت خطی در شیار قرار داده و سپس ۲ سانتی‌متر بر روی آن خاک ریخته و سپس زمین آماده کشت شد. برای تلقیح بذر با کود بیولوژیک نیتروکسین طبق دستورالعمل شرکت سازنده (فناوری زیستی مهر آسیا) عمل شد. از رایج ترین روش برای کاربرد ترکیبات باکتریایی که مه پاشی آن‌ها روی دانه‌ها قبل از کشت است (روی و همکاران، ۲۰۰٦) استفاده شد. مایه تلقیح، به صورت مایع، به میزان ۲ لیتر در هکتار با بذر آغشته شده و بذرهای تلقیح شده پس از خشک شدن در سایه، مورد کشت قرار گرفتند (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۷؛ فلاحی و همکاران، ۱۳۸۸).

٤-٤-عملیات زراعی:

٤-٤-۱- آماده سازی زمین

با توجه با آیش بودن زمین، قبل از کاشت زمین مورد نظر دیسک وسپس کلتیواتور زده شد.

٤-٤-۲-عملیات کاشت

پس از آماده سازی زمین کود فسفر از منبع سوپر فسفات تریپل (به میزان‌های مشخص شده برای هر کرت) قبل از کشت مصرف شد.

پس از تلقیح بذور با نیتروکسین، ابعاد کرت‌ها و خطوط کاشت با فاصله بین ردیف مورد نظر جهت کاشت مشخص گردید. 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.

٤-٤-٣-عملیات داشت

٤-٤-٣-١-آبیاری

اولین آبیاری همزمان با کشت و بعد از آن تقریباً در اوایل دوره کشت ۱ بار در هفته و در اواسط دوره کشت هر ۱۰ روز آبیاری گردید.

٤-٤-٣-٢-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.

٤-٤-٣-٣-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.

٤-٤-٤-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 ۱ متر مربع، با حذف حاشیه از طرفین، به صورت قطع بوته‌ها از سطح خاک صورت گرفت.

٤-٥-نمونه برداری‌ها:

٤-٥-١-نمونه‌برداری جهت اندازه گیری صفات مرفولوژیک و برخی شاخص‌های رشد گیاه

به منظور بررسی عوامل مؤثر بر رشد و عملکرد کنجد در مزرعه در سه مرحله اوایل، اواسط و اواخر گلدهی نمونه‌برداری شد. در هر نوبت ۲ گیاه از هر کرت آزمایشی برداشت شد. هر بوته پس از اندازه گیری صفات مرفولوژیک در پاکت مقوایی قرار داده شد. پاکت‌ها به مدت ٤٨ ساعت در آون ۷۵ درجه سانتی‌گراد خشک شدند و وزن آن‌ها اندازه گیری گردید.

٤-٥-٢-نمونه‌برداری جهت اندازه‌گیری عملکرد دانه و شاخص برداشت

برای محاسبه‌ی عملکرد در زمان برداشت بوته‌ها بعد از حذف اثر حاشیه از یک مترمربع (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.

٤-٥-٣-نمونه‌برداری جهت اندازه گیری روغن دانه:

اندازه گیری روغن توسط دستگاه سوکسله و به روش AOCS (1997) انجام شد.

٤-٥-٤-نمونه برداری جهت اندازه گیری پروتئین دانه:

ازت کل دانه توسط دستگاه Kjeltec اندازه گیری گردید و سپس به منظور محاسبه پروتئین دانه در ضریب تبدیل ۵/۳ (دینی‌ترکمانی و کاراپتیان، ١٣٨٦) ضرب شد.

٤-٦-روشهای آماری مورداستفاده

برای تجزیه و تحلیل آماری از نرم افزارهای SAS، Mstatc و Excel استفاده گردید. مقایسه میانگین صفات مورد بررسی به روش آزمون LSD در سطح ۵ درصد انجام گرفت.

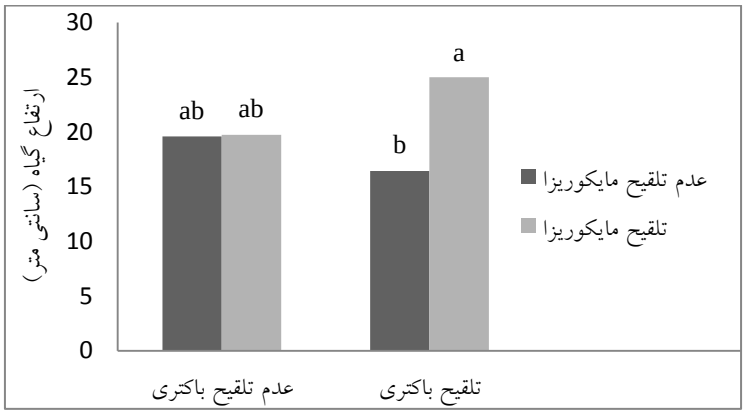
نتایج و بحث

نتایج این آزمایش در این بخش به صورت مرحله نمونه برداری آورده شده است. بحث بر روی نتایج، بیشتر به نتایج برداشت سوم متمرکز شده است.

۵-۱-مراحل نمونه برداری

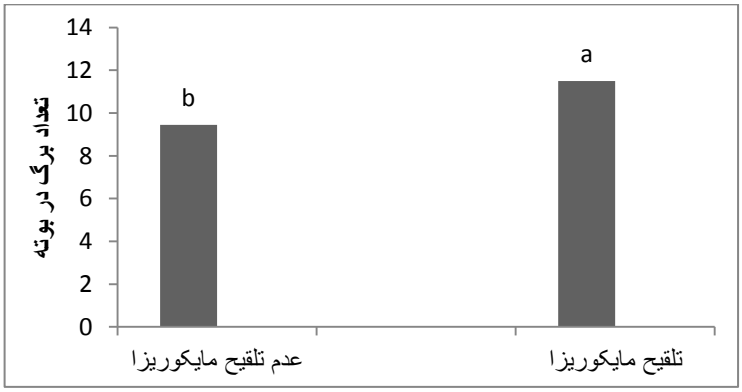
۵-۱-۱-نمونه برداری اول

ارتفاع گیاه: از بین تیمارهای مورد بررسی اثر مایکوریزا در سطح احتمال ۵٪ و اثر متقابل مایکوریزا و باکتری محرک رشد (شکل ۱) در سطح احتمال ۱% بر روی ارتفاع گیاه معنی دار شدند (جدول پیوست ۲). تلقیح باکتری نیز سبب افزایش ارتفاع گیاه شده است اما از لحاظ آماری معنی‌دار نشده است. در شکل (۱) که مربوط به اثر متقابل مایکوریزا آرباسکولار و باکتری محرک رشد بر ارتفاع گیاه است، مشاهده می‌شود که بیشترین ارتفاع گیاه در حضور مایکوریزا و باکتری با هم بوده است که نشان دهنده اثر متقابل مثبت این دو بر طول ساقه است و سبب افزایش ۵۲/۰۶ درصدی طول ساقه نسبت به عدم تلقیح باکتری و قارچ شده است. اورتاس و هریس (۱۹۹۶) اظهار داشتند که استفاده از قارچ مایکوریزا سرعت رشد گیاه را افزایش داده و بر تخصیص و انتقال بیوماس بین ریشه و ساقه اثر می‌گذارد، به طوری که با جذب بیشتر عناصر غذایی و انتقال آنها طول و وزن آنها افزایش می‌یابد.



شکل (۱): مقایسه میانگین ارتفاع گیاه در سطوح مختلف مایکوریزا و باکتری در نمونه برداری اول

تعداد برگ در بوته: در بین تمامی تیمارهای مورد بررسی تنها اثر مایکوریزا آرباسکولار در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شده است (جدول پیوست ۲). با توجه به شکل (۲) مشهود است که مایکوریزا اثر مثبتی بر تعداد برگ در بوته داشته که افزایشی معادل ۲۱/۶۹ درصد نسبت به عدم مصرف مایکوریزا می-باشد. تلقیح باکتری نیز سبب افزایش تعداد برگ شده است اما از لحاظ آماری معنی‌دار نشده است. بلند نظر و همکاران (۲۰۰۷) نیز گزارش کردند که بدون همزیستی مایکوریزایی سطح برگ و ارتفاع گیاه در پیاز کاهش می‌یابد.



شکل (۲): مقایسه میانگین تعداد برگ در بوته در سطوح مختلف مایکوریزا در نمونه‌برداری اول

قطر ساقه: با توجه به جدول تجزیه واریانس، اثر هیچ تیماری از لحاظ آماری بر قطر ساقه معنی‌دار نشده است (جدول پیوست ۲). اما حضور مایکوریزا و همچنین حضور باکتری محرک رشد سبب افزایش قطر شده است اما این افزایش از لحاظ آماری معنی دار نشد.

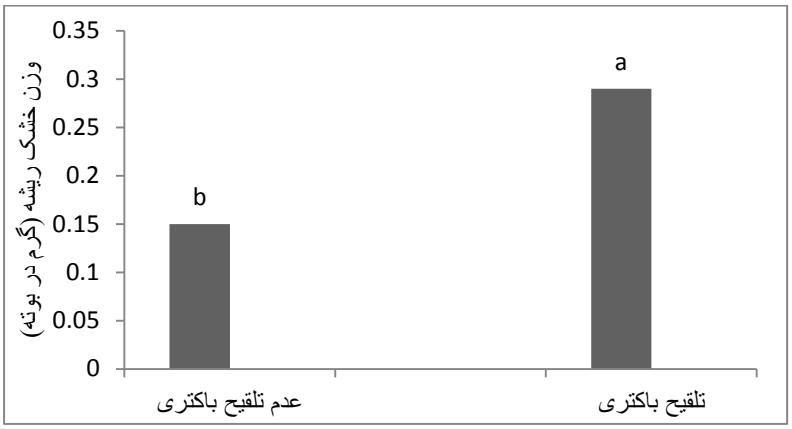
طول ریشه: با توجه به جدول تجزیه واریانس، اثر هیچ تیماری از لحاظ آماری بر روی طول ریشه معنی‌دار نشده است (جدول پیوست ۲). اما حضور باکتری سبب افزایش طول ریشه گشته که این افزایش از لحاظ آماری معنی دار نشد.

وزن خشک ساقه: با توجه به جدول تجزیه واریانس، اثر هیچ تیماری از لحاظ آماری بر روی وزن خشک ساقه معنی‌دار نشده است (جدول پیوست ۳). اما حضور باکتری و همچنین مایکوریزا آرباسکولار سبب افزایش وزن خشک ساقه گشته اما این افزایش از لحاظ آماری معنی دار نشد.

وزن خشک برگ: در بین تمامی تیمارهای مورد بررسی تنها اثر مایکوریزا آرباسکولار بر وزن خشک برگ در سطح احتمال ۵٪ از لحاظ آماری معنی‌دار شده است (جدول پیوست ۳). با توجه به شکل (۳) که مربوط به اثر مایکوریزا بر وزن خشک برگ است مشاهده می‌شود که مایکوریزا اثر مثبتی بر وزن خشک برگ داشت که سبب افزایش ٤٨/٦١ درصدی وزن خشک برگ نسبت به عدم مصرف مایکوریزا شده است. جمشیدی و همکاران (۱۳۸۷) به این نتیجه رسیدند که اثرتلقیح مایکوریزا بر تمامی صفات اندازه-گیری 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.

شکل (۳): مقایسه میانگین وزن خشک برگ در سطوح مختلف مایکوریزا در نمونه‌برداری اول

وزن خشک ریشه: از بین تمامی تیمارهای مورد بررسی برای وزن خشک ریشه تنها اثر تیماری که از لحاظ آماری معنی‌دار شده است اثر باکتری محرک رشد بوده که در سطح احتمال ۱٪ از لحاظ آماری است (جدول پیوست ۳). در ضمن مایکوریزا آرباسکولار نیز اثر افزایشی بر وزن خشک ریشه داشته اما از لحاظ آماری معنی دار نشده است. با توجه به شکل (٤) مشاهده می‌شود که باکتری محرک رشد سبب افزایش ۹۳/۳۳ درصدی وزن خشک ریشه بوته نسبت به عدم مصرف باکتری شده است. فنگ و همکاران (۲۰۰۲) در تحقیق خود بر روی تأثیر تنش خشکی بر میزان تحمل گیاه ذرت مایکوریزایی شده، مشاهده کردند که وزن خشک ریشه در نتیجه همزیستی با مایکوریزا افزایش یافت. تلقیح با باکتری *Pseudomonas spp.* وزن ریشه را در گندم بهاره (والی و جرمیدا، ۱۹۹۷) بالا برده و سازگاری آن را نسبت به محیط افزایش داد (میسکو و جرمیدا، ۲۰۰۲).



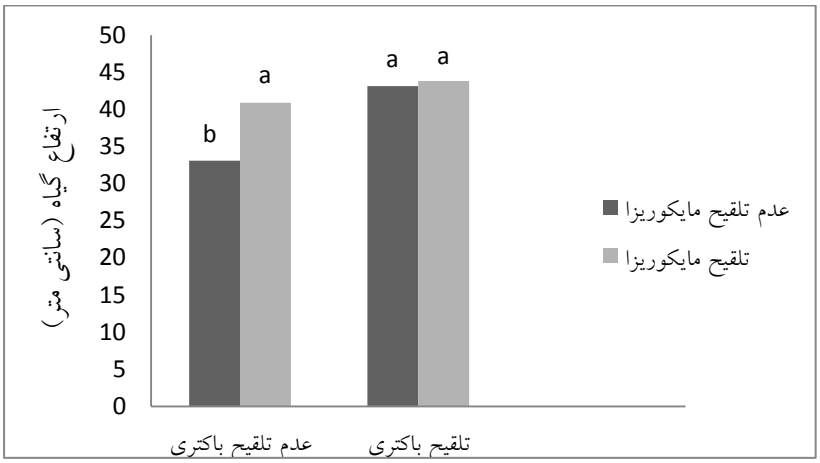
شکل (٤): مقایسه میانگین سطوح مختلف باکتری بر وزن خشک ریشه در نمونه‌برداری اول

وزن خشک کل بوته: وزن خشک کل بوته در این آزمایش شامل وزن خشک اندام‌های هوایی و اندام‌های زمینی می‌باشد. با توجه به جدول تجزیه واریانس، هیچ تیماری از لحاظ آماری برای وزن خشک کل معنی‌دار نشده است (جدول پیوست ۳). اما حضور مایکوریزا و همچنین حضور باکتری محرک رشد سبب افزایش وزن خشک کل شده است اما این افزایش از لحاظ آماری معنی دار نشد.

۵-۱-۲-نمونه برداری دوم

ارتفاع گیاه: از بین تیمارهای مورد بررسی اثر مایکوریزا، اثر باکتری محرک رشد و اثر متقابل مایکوریزا و باکتری محرک رشد (شکل ۵) در سطح احتمال ۱% بر روی ارتفاع گیاه معنی دار شدند (جدول پیوست ٤). شکل (۵) نشان دهنده اثر متقابل مایکوریزا و باکتری محرک رشد است که با توجه به آن این طور می‌توان نتیجه گرفت که اثر متقابل مایکوریزا و باکتری مثبت و افزایشی بوده است و این افزایش ارتفاع گیاه نسبت به شاهد ۳۲/۵۳ درصد بود. در آزمایش گلخانه‌ای کاربرد کودهای بیولوژیک حاوی

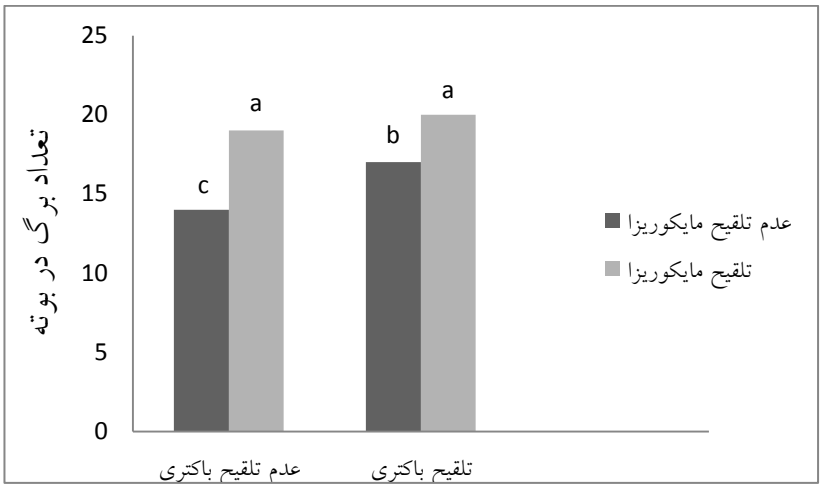
قارچ مایکوریزا و سه گونه باکتری *Azotobacter chroococum, Bacillus megaterium, Bacillus mucilaginous* باعث افزایش مقدار بیوماس و ارتفاع گیاهچه ذرت شد و اثرات مصرف نیمی از کودهای شیمیایی و کودهای آلی به همراه کود بیولوژیک با مصرف کامل کودها بدون کود بیولوژیک مشابه بود (ویو و همکاران، ۲۰۰۵).



شکل (۵): مقایسه میانگین سطوح مختلف مایکوریزا و باکتری بر ارتفاع گیاه در نمونه‌برداری دوم

تعداد برگ در بوته: از بین تیمارهای مورد بررسی اثر مایکوریزا آرباسکولار و اثر باکتری محرک رشد در سطح احتمال ۱٪ از لحاظ آماری معنی‌دار شده‌اند و اثر متقابل مایکوریزا و باکتری محرک رشد نیز (شکل ٦) در سطح احتمال ۵٪ از لحاظ آماری معنی‌دار شد (جدول پیوست ٤). با توجه به شکل (٦) که نشان دهنده اثر متقابل مایکوریزا و باکتری است، می‌توان نتیجه گرفت که اثر متقابل این دو مثبت و افزایشی بود به طوری که این افزایش نسبت به شاهد (عدم مصرف باکتری و قارچ) ٤٢/٨٥ درصد بوده است. جهان و همکاران (١٣٨٦) 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

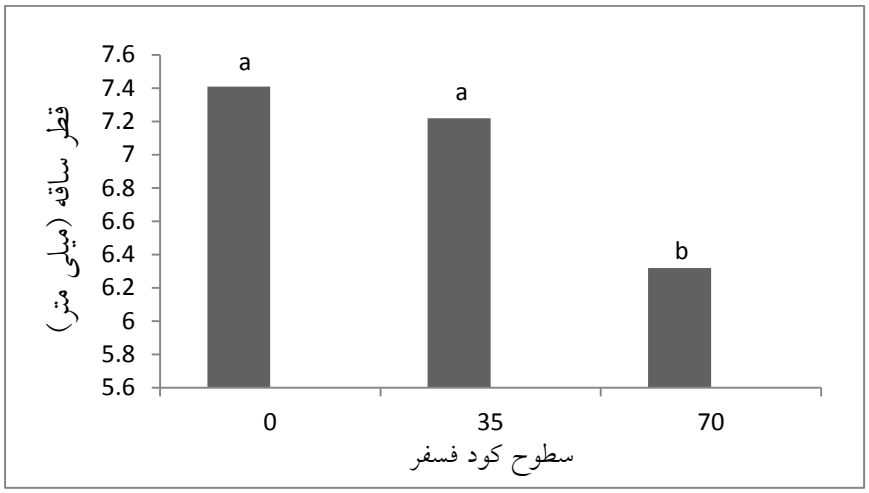
تولیدی ذرت معنی‌دار بود. به طوری که تلقیح توأم قارچ و باکتری بیشترین ماده خشک را تولید کرد. همچنین تلقیح توأم قارچ و باکتری بیشترین میزان عدد کلروفیل‌متر را به خود اختصاص داد.



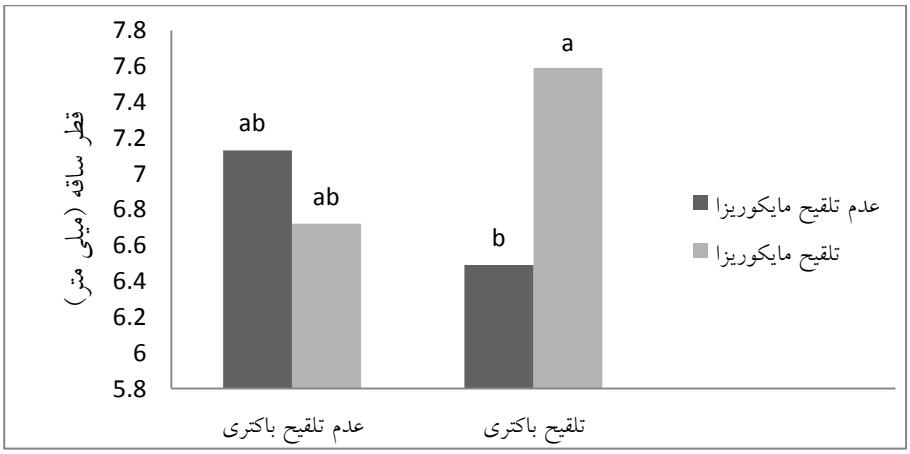
شکل (٦): مقایسه میانگین سطوح مختلف مایکوریزا و باکتری بر تعداد برگ در نمونه‌برداری دوم

قطر ساقه: در بین تیمارهای مورد بررسی اثر سطوح مختلف فسفر و اثر متقابل مایکوریزا و باکتری محرک رشد در سطح ٥٪ از لحاظ آماری معنی‌دار شدند (جدول پیوست ٤). با توجه به شکل (٧) که مربوط به سطوح فسفر است می‌توان نتیجه گرفت که بیشترین قطر ساقه در سطح فسفر ٠ و ٣٥ کیلوگرم در هکتار بوده است. در شکل (٨) که نشان دهنده اثر متقابل مایکوریزا و باکتری محرک رشد است ما شاهد اثر افزایشی باکتری و مایکوریزا بر قطر ساقه بودیم که این افزایش ٦/٤٥ درصد بوده است. در مطالعه‌ای، کودهای بیولوژیک حاوی باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن مانند نیتروکسین، سوپر نیتروپلاس، مایه تلقیح حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات‌های نامحلول و قارچ مایکوریزا نقش مفید و مؤثری در

بهبود ویژگی‌های رشد، عملکرد اندام‌های هوایی و خصوصیات کیفی گیاه دارویی زوفا نشان دادند (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۷).



شکل (۷): مقایسه میانگین سطوح مختلف فسفر بر قطر ساقه در نمونه‌برداری دوم



شکل (۸): مقایسه میانگین سطوح مختلف مایکوریزا و باکتری بر قطر ساقه در نمونه‌برداری دوم

طول ریشه: از بین تیمارهای مورد بررسی اثر مایکوریزا آرباسکولار و اثر متقابل مایکوریزا و باکتری محرک رشد (شکل ۹) در سطح احتمال ۱٪ از لحاظ آماری معنی‌دار شده‌اند و اثر متقابل ۳ گانه مایکوریزا و باکتری در سطوح مختلف فسفر (شکل ۱۰) در سطح احتمال ۵٪ از لحاظ آماری معنی‌دار شد (جدول پیوست ٤). در شکل (۹) که نشان دهنده اثر متقابل مایکوریزا و باکتری است، ما شاهد اثر مثبت متقابل باکتری و مایکوریزا بودیم که افزایش ٢٤/٦٧ درصدی نسبت به عدم مصرف مایکوریزا و باکتری داشتیم. در جدول ۵-۱ که نشان دهنده اثر متقابل ۳ گانه است مشاهده می‌شود که بیشترین طول ریشه در حضور مایکوریزا و عدم حضور باکتری و در سطح ۷۰ کیلوگرم در هکتار فسفر بوده است و حداقل طول ریشه مربوط به حضور مایکوریزا و عدم تلقیح باکتری در سطح ۷۰ کیلوگرم در هکتار فسفر بوده است. از مهمترین مزایای تلقیح با باکتری‌های محرک رشد بر خصوصیات ریشه می‌توان به افزایش طول ریشه، افزایش تعداد و طول ریشه‌های جانبی، تسریع در ظهور ریشه‌های مویین، افزایش تقسیم سلولی در مریستم ریشه، تغییر در محل استقرار سلول‌های کورتکس و تأثیر بر ترشحات ریشه‌ای اشاره کرد (باشان و همکاران، ۱۹۹۱؛ باشان و لوانونی، ۱۹۸۹؛ لین و همکاران، ۱۹۸۳؛ کاپولنیک و همکاران، ۱۹۸۵). 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 به‌وسیله‌ی 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). نقش فسفر در افزایش طول ریشه در گیاهان زراعی به اثبات رسیده است.

(۹): مقایسه میانگین سطوح مختلف مایکوریزا و باکتری بر طول ریشه در نمونه‌برداری دوم

جدول ۵-۱: مقایسه میانگین سطوح مختلف فسفر مایکوریزا و باکتری بر طول ریشه (سانتی‌متر) درنمونه-

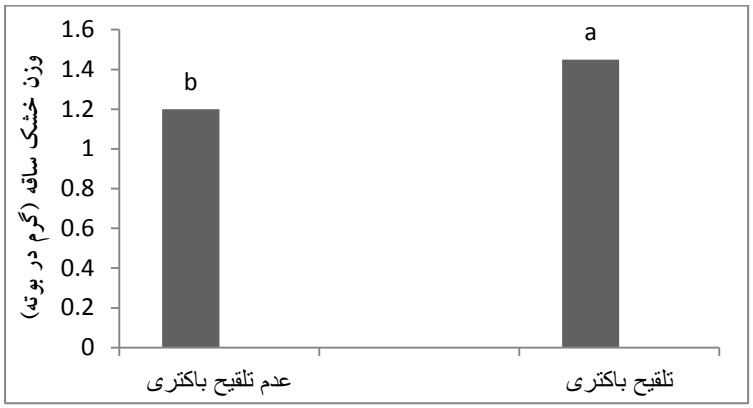
عدم تلقیح مایکوریزا	**عدم تلقیح باکتری**	**سطح ۰ کیلوگرم در هکتار فسفر**	**۱۳/۲۵ ef**
		سطح ۳۵ کیلوگرم درهکتار **فسفر**	**۱۳/۲۱ ed**
		سطح ۷۰ کیلوگرم درهکتار فسفر	**f۱۲/۷**
	تلقیح باکتری	سطح ۰ کیلوگرم در هکتار فسفر	**۱۴/۲ def**
		سطح ۳۵ کیلوگرم درهکتار فسفر	**۱۴/۸ cde**
		سطح ۷۰ کیلوگرم در هکتار فسفر	**۱۵/۶۱ bcd**
تلقیح مایکوریزا	**عدم تلقیح باکتری**	سطح ۰ کیلوگرم در هکتار فسفر	**۱۶/۷ abc**
		سطح ۳۵ کیلوگرم درهکتار فسفر	**bdc۱۵/۵۴**
		سطح ۷۰ کیلوگرم در هکتار فسفر	**a۱۷/۹**
	تلقیح باکتری	سطح ۰ کیلوگرم در هکتار فسفر	**abc۱۶/۵۸**
		سطح ۳۵ کیلوگرم درهکتار فسفر	**ab۱۶/۷۶**
		سطح ۷۰ کیلوگرم در هکتار فسفر	**bcd۱۵/۴۷**

برداری دوم

طول ریشه (Cm)

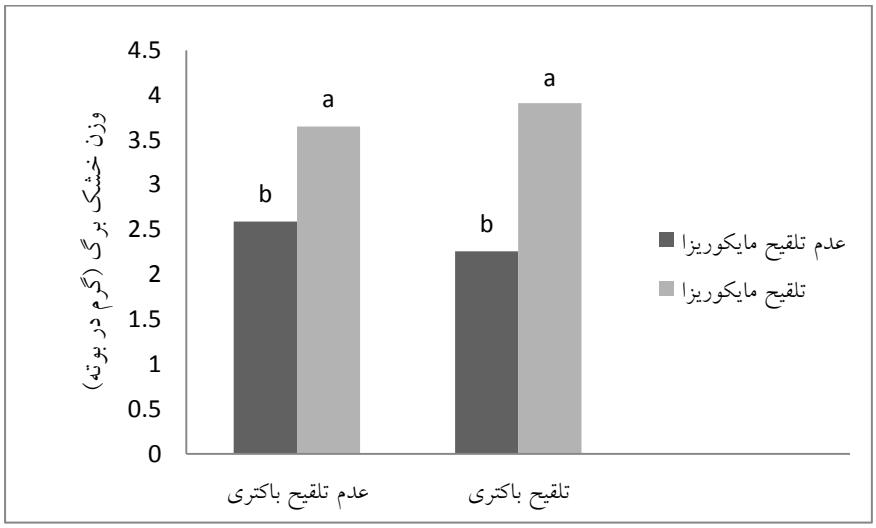
وزن خشک ساقه: در بین تیمارهای مورد بررسی وزن خشک ساقه، اثر مایکوریزا (شکل ۱۰) و اثر باکتری محرک رشد (شکل ۱۱) در سطح احتمال ۱٪ از لحاظ آماری بر وزن خشک ساقه معنی‌دار شده‌اند (جدول پیوست ۵). در شکل (۱۰) که مربوط به اثر مایکوریزا بر وزن خشک ساقه است، اثر مثبت و افزایشی مایکوریزا بر وزن خشک ساقه مشاهده شد که یک افزایش ۳۷/۸۳ درصدی نسبت به عدم مصرف مایکوریزا داشته است. با توجه به شکل(۱۱) که مربوط به اثر باکتری محرک رشد بر وزن خشک ساقه است این طور می‌توان نتیجه گرفت که باکتری سبب افزایش ۲۰/۸۳ درصدی وزن خشک ساقه نسبت به شاهد شده بود. 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 آفتابگردان در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. 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.

شکل (۱۰): مقایسه میانگین سطوح مختلف مایکوریزا بر وزن خشک ساقه در نمونه‌برداری دوم



شکل (۱۱): مقایسه میانگین سطوح مختلف باکتری بر وزن خشک ساقه در نمونه‌برداری دوم

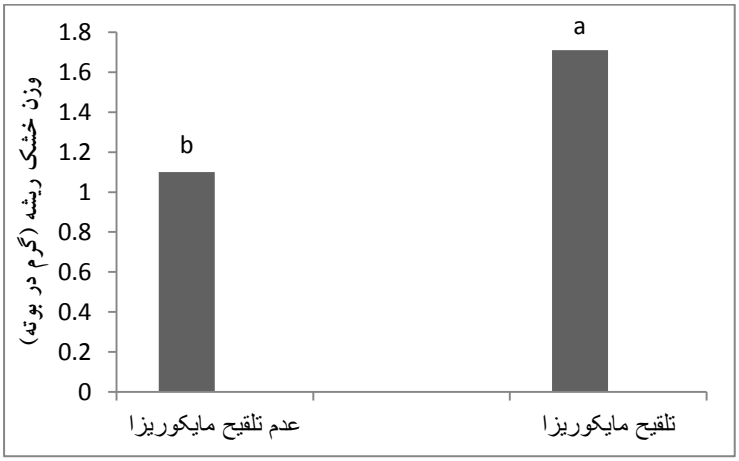
وزن خشک برگ: در بین تیمارهای مورد بررسی برای وزن خشک برگ، اثر مایکوریزا در سطح احتمال ۱٪ و اثر متقابل مایکوریزا و باکتری محرک رشد (در سطح احتمال ۵٪) از لحاظ آماری معنی‌دار شده است (جدول پیوست ۵). در شکل (۱۲) که مربوط به اثر متقابل مایکوریزا آرباسکولار و باکتری محرک رشد بر وزن خشک برگ است نشان می‌دهد که این اثر متقابل مثبت بوده و سبب افزایش ۵۰/۹۶ درصدی وزن خشک برگ نسبت به عدم مصرف باکتری و مایکوریزا شده بود. همچنین مصرف باکتری در عدم حضور مایکوریزا توانست اثر معنی داری بر وزن خشک برگ بگذارد. محققین بیان نمودند بیشترین سرعت فتوسنتز در تلقیح توأم قارچ مایکوریزا و باکتری آزوسپریلیوم و ازتوباکتر در ذرت حاصل شد. 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 (جهان و همکاران، ۱۳۸٦).



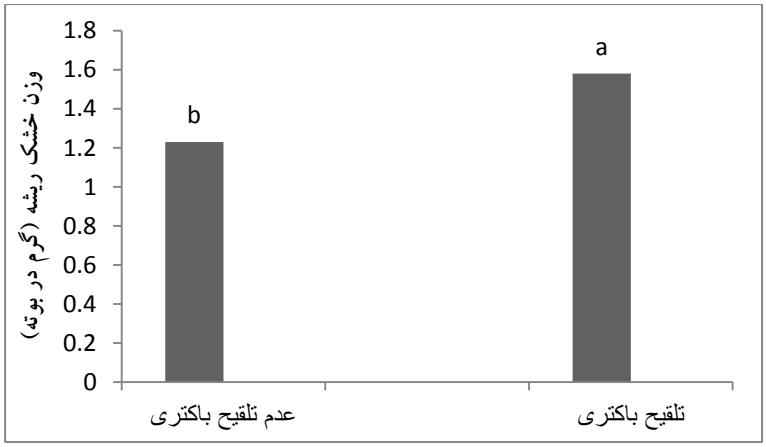
شکل (۱۲): مقایسه میانگین سطوح مختلف مایکوریزا و باکتری بر وزن خشک برگ در نمونه‌برداری دوم

وزن خشک ریشه: در بین تیمارهای مورد بررسی اثر مایکوریزا (شکل ۱۳) و اثر باکتری محرک رشد (شکل ١٤) در سطح احتمال ۱٪ از لحاظ آماری بر وزن خشک ریشه معنی‌دار شده‌اند (جدول پیوست ۵). در شکل (۱۳) که مربوط به اثر مایکوریزا بر وزن خشک ریشه است، اثر مثبت و افزایشی مایکوریزا بر وزن خشک ریشه مشاهده شد که یک افزایش ۵۵/٤۵ درصدی نسبت به عدم مصرف مایکوریزا داشت. با توجه به شکل (١٤) که مربوط به اثر باکتری محرک رشد بر وزن خشک ریشه است این طور می‌توان نتیجه گرفت که باکتری سبب افزایش ۲۸/٤۵ درصدی وزن خشک ریشه نسبت به عدم مصرف باکتری شده بود. فنگ و همکاران (۲۰۰۲) در تحقیق خود بر روی تأثیر تنش خشکی بر میزان تحمل گیاه ذرت مایکوریزایی شده، مشاهده کردند که وزن ریشه در نتیجه همزیستی با مایکوریزا افزایش یافت. میر و لیندرمن (۱۹۸٦) گزارش کردند که تلقیح دو جانبه شبدر با *Pseudomonas putida* و مایکوریزا، در مقایسه با تلقیح یک جانبه، رشد شبدر را به میزان بیشتری افزایش داد. تلقیح ریشه‌های سویا با

A.brasilense SP7 وزن خشک ریشه را ٦٣٪ افزایش داد. در حالی که طول ویژه ریشه (طول ریشه در واحد وزن خشک ریشه) بیش از ٦ برابر و طول آن بیش از ١٠ برابر افزایش پیدا کرد (مولا و همکاران، ٢٠٠١).

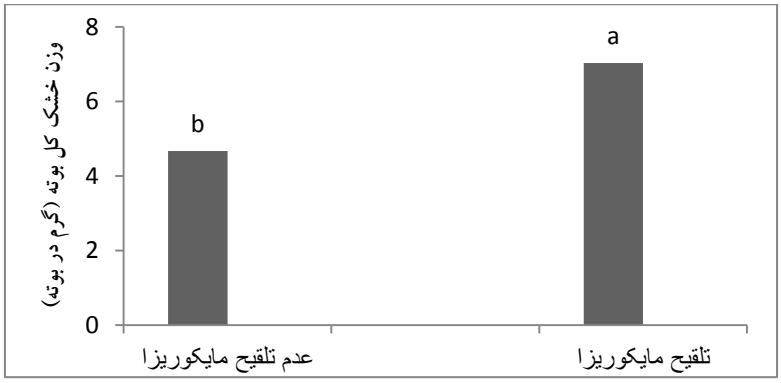


شکل(١٣): مقایسه میانگین سطوح مختلف مایکوریزا بر وزن خشک ریشه در نمونه‌برداری دوم

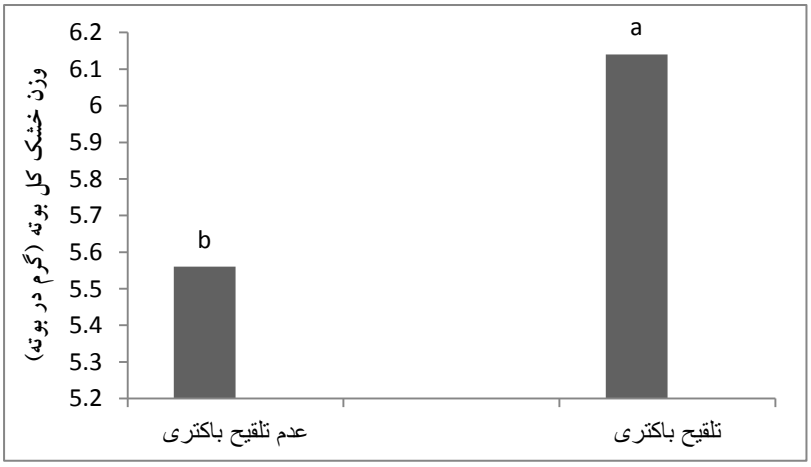


شکل (١٤): مقایسه میانگین سطوح مختلف باکتری بر وزن خشک ریشه در نمونه‌برداری دوم

وزن خشک کل بوته: وزن خشک کل بوته در این آزمایش شامل وزن خشک اندام‌های هوایی و اندام‌های زمینی می‌باشد. در بین تیمارهای مورد بررسی برای وزن خشک کل، اثر مایکوریزا (شکل ۱۵) و اثر باکتری محرک رشد (شکل ۱٦) در سطح احتمال ۱٪ از لحاظ آماری بر وزن خشک کل معنی‌دار شدند (جدول پیوست ۵). در شکل (۱۵) که مربوط به اثر مایکوریزا بر وزن خشک کل است، اثر مثبت و افزایشی مایکوریزا را بر وزن خشک کل مشاهده شد که یک افزایش ۵۰/۵۳ درصدی نسبت به عدم مصرف مایکوریزا داشت. بارآ و آزکن- آگیلار (۱۹۸۲) ضمن انجام آزمایشی مشاهده کردند که قارچ مایکوریزا (*Glomus mosseae*) دو ماده شبیه به اسید جیبرلیک و چهار ماده دارای خواص سیتوکینین تولید کرد که سبب رشد بیشتر گیاه می‌شود. با توجه به شکل (۱٦) که مربوط به اثر باکتری محرک رشد بر وزن خشک کل است این طور می‌توان نتیجه گرفت که باکتری سبب افزایش ۱۰/٤۳ درصدی وزن خشک کل نسبت به عدم مصرف باکتری شد. در مطالعه شفاعتی و همکاران (۱۳۸۹) مصرف باکتری‌های محرک رشد در همه صفات جو به جز صفت تعداد دانه در سنبله از نظر آماری تأثیر معنی‌داری داشته است.



شکل (۱۵): مقایسه میانگین سطوح مختلف مایکوریزا بر وزن خشک کل بوته در نمونه‌برداری دوم



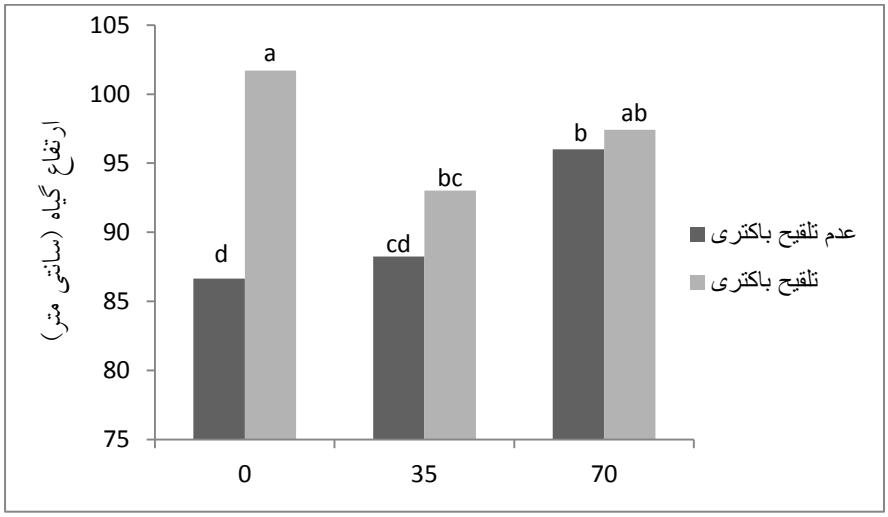
شکل (١٦): مقایسه میانگین سطوح مختلف باکتری بر وزن خشک کل بوته در نمونه‌برداری دوم

٥-١-٣-نمونه برداری سوم

ارتفاع گیاه: نمونه برداری سوم همزمان با رسیدگی کپسول‌های کنجد انجام شد. جدول پیوست ٦ نتایج تجزیه واریانس ارتفاع گیاه را نشان می‌دهد. بر اساس نتایج آزمایش، اثر مایکوریزا (شکل ١٧)، باکتری محرک رشد و اثر متقابل باکتری محرک رشد و فسفر (شکل ١٨) در سطح احتمال ١٪ از لحاظ آماری معنی‌دار شده‌اند. با توجه به شکل (١٧) که اثر مایکوریزا بر ارتفاع گیاه را نشان می‌دهد، مشاهده می‌شود که مایکوریزا سبب افزایش ارتفاع گیاه شد که این افزایش ٧/٥٥ درصد نسبت به شاهد بوده است. اورتاس و هریس (١٩٩٦) اظهار داشتند که استفاده از قارچ مایکوریزا سرعت رشد گیاه را افزایش داده و

بر تخصیص و انتقال بیوماس بین ریشه و ساقه اثر می‌گذارد، به طوری که با جذب بیشتر عناصر غذایی و انتقال آنها طول و وزن آنها افزایش می‌یابد. همچنین افزایش ارتفاع بوته ذرت که بذرهای آن با باکتری-های جنس آزوسپیریلوم تلقیح شده بود توسط روستا و همکاران (۱۳۷۷) گزارش شد. با توجه به شکل (۱۸) که مربوط به اثر متقابل باکتری محرک رشد و سطوح مختلف فسفر است نشان می‌دهد بیشترین ارتفاع گیاه مربوط به تیمار تلقیح باکتری و سطح فسفر ۰ کیلوگرم در هکتار بوده است و با افزایش فسفر اختلاف ارتفاع گیاه بین تیمار کاهش می‌یابد که دلیل آن احتمالاً اثر منفی افزایش فسفر بر باکتری محرک رشد است. کاپولینک و همکاران (۱۹۸۲) افزایش ارتفاع بوته ذرت در نتیجه تلقیح بذر بوسیله باکتری آزوسپیریلوم لیپوفروم، و همچنین زهیر و همکاران (۱۹۹۸) افزایش ۸/۵ درصدی ارتفاع بوته ذرت که بذرهای آن با باکتری‌های ازتوباکتر و سودوموناس فلورسانس تلقیح شده بودند را گزارش کردند. تمامی این گزارشات در صورت عدم مصرف فسفر بوده است اما نتایج ما نشان داد که مصرف فسفر تأثیر باکتری را در افزایش رشد گیاه کاهش می‌دهد. 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 (ویو و همکاران، ۲۰۰۵). نتایج نشان داد هر چند که کاربرد توأم مایکوریزا آرباسکولار و باکتری محرک رشد تأثیر مثبتی بر ارتفاع گیاه داشت اما از لحاظ آماری معنی‌دار نبود.

شکل (۱۷): مقایسه میانگین سطوح مختلف مایکوریزا بر ارتفاع گیاه در نمونه‌برداری سوم



شکل (۱۸): مقایسه میانگین سطوح مختلف فسفر و باکتری بر ارتفاع گیاه در نمونه‌برداری سوم

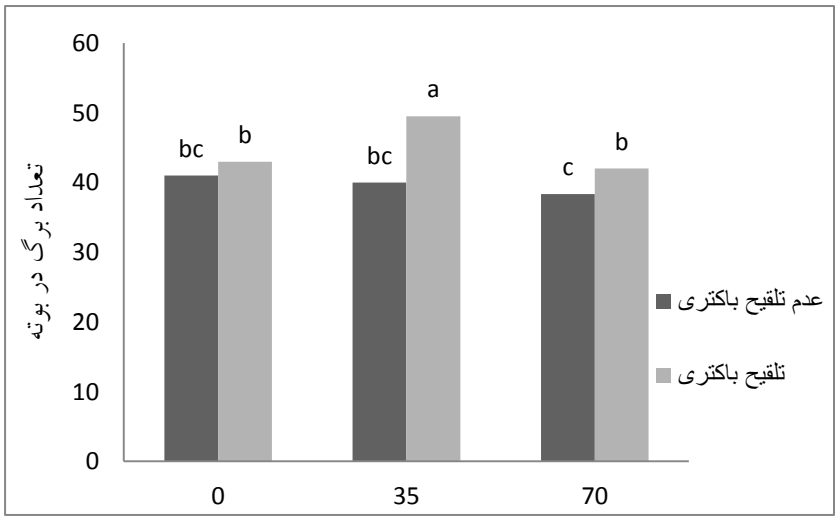
تعداد برگ در بوته: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر مایکوریزا در سطح ۵٪ و اثر باکتری محرک رشد، اثر سطوح مختلف فسفر، اثر متقابل باکتری محرک رشد و سطوح فسفر ، اثر متقابل مایکوریزا و سطوح فسفرو اثر متقابل مایکوریزا و باکتری و فسفر در سطح احتمال ۱٪ از لحاظ آماری معنی‌دار شده‌اند (جدول پیوست ٦). با توجه به شکل (۱۹) که مربوط به اثر متقابل باکتری محرک رشد در سطوح مختلف فسفر است مشاهده می‌شود که بیشترین تعداد برگ در تیمار تلقیح باکتری و سطح ۳۵ کیلوگرم در هکتار فسفر بوده است که می‌توان نتیجه گرفت که افزایش فسفر به میزان ۷۰ کیلوگرم در هکتار سبب کاهش اثر بخشی باکتری شد و باعث کاهش سطوح و تعداد برگ گردیده است. به نظر می‌رسد استفاده از باکتری توانسته تعداد برگ گیاه را افزایش دهد که این رویداد در سطح ۳۵ کیلوگرم در هکتار فسفر بیشتر قابل مشاهده بود. تیمار تلقیح باکتری و سطح ۳۵ کیلوگرم فسفر سبب افزایش ۲۰/۷۳ درصد تعداد برگ نسبت به تیمار عدم استفاده از باکتری در همین سطح فسفر شده است. شوقی و همکاران (۱۳۸۹) اظهار داشتند تلقیح بذر آفتابگردان با باکتری افزاینده رشد ازتوباکتر و آزسپریلیوم موجب بهبود خصوصیات مورفولوژیک و سطح برگ در مقایسه با تیمار شاهد شد. در مطالعه شفاعتی و همکاران (۱۳۸۹) مصرف باکتری‌های محرک رشد در صفت تعداد و سطح برگ جو از نظر آماری تأثیر معنی‌داری داشته است. 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، ۲۰۱۰). در مطالعه‌ای کاربرد تلفیقی گوگرد، باکتری تیوباسیلوس و باکتری حل کننده فسفات و کود فسفر در گیاه کنجد، باکتری در مقایسه با کاربرد جداگانه آنها سبب افزایش عملکرد شد، که علت احتمالاً بیانگر

رابطه تقویت کنندگی (سینرژیستی) ترکیب باکتری‌های مذکور با یکدیگر در جهت افزایش عملکرد است (احمدی واوسری، ۱۳۸۸).

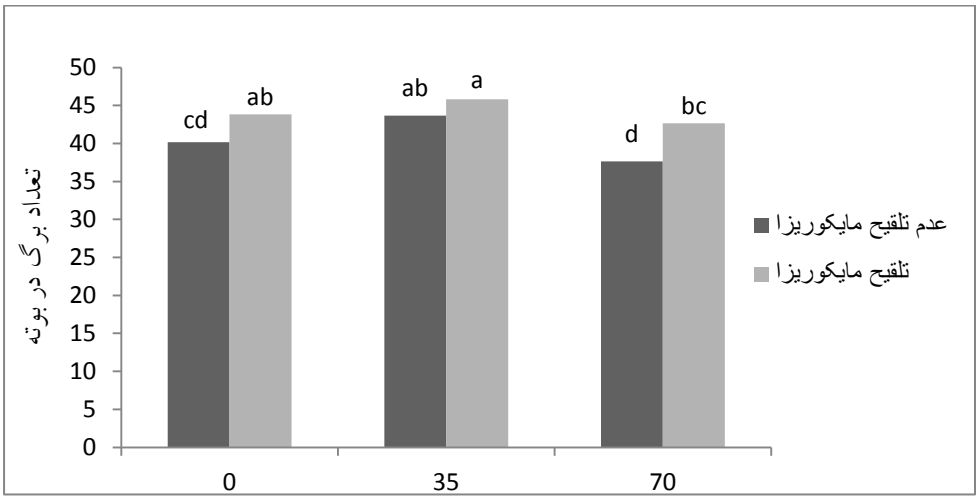
شکل (۲۰) مربوط به اثر متقابل مایکوریزا آرباسکولار و سطوح مختلف فسفر بر تعداد برگ در بوته است که در این شکل مشاهده می‌شود که بیشترین تعداد برگ در تیمار تلقیح مایکوریزا و سطح ۳۵کیلوگرم در هکتار فسفر حاصل گردیده است که این افزایش تعداد برگ نسبت به عدم مصرف مایکوریزا و سطح ۰ کیلوگرم در هکتار فسفر ۱٤/۱۱ درصد بود. تاکور و پانوار (۱۹۹۷) گزارش کردند که تلقیح مایکوریزا در گیاه لوبیا باعث ۹/۱ درصد افزایش در سطح برگ شد. بلند نظر و همکاران (۲۰۰۷) نیز گزارش کردند که بدون همزیستی مایکوریزایی سطح برگ و ارتفاع گیاه در پیاز کاهش می‌یابد. جمشیدی و همکاران (۱۳۸۷) به این نتیجه رسیدند که تلقیح مایکوریزا بر صفت تعداد و سطح برگ رقم آلستار آفتابگردان در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. ناگارسا و همکاران (۲۰۰۷) نیز افزایش سطح و تعداد برگ در آفتابگردان را در اثر همزیستی با مایکوریزا گزارش کردند. افزایش تعداد و سطح برگ در اثر تلقیح مایکوریزا می‌تواند بر اثر بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه توسط قارچ مایکوریزا باشد که این موضوع توسط محققین زیادی تایید شده است.

با توجه به جدول ۵-۲ که مربوط به اثر متقابل مایکوریزا آرباسکولار و باکتری محرک رشد در سطوح مختلف فسفر است می‌توان مشاهده نمود که بیشترین تعداد برگ مربوط به تیمار تلقیح مایکوریزا به همراه تلقیح باکتری محرک رشد در سطح ۳۵ کیلوگرم در هکتار فسفر حاصل گردیده بود که این افزایش نسبت به عدم تلقیح مایکوریزا و باکتری و سطح ۰ کیلوگرم در هکتار فسفر ۳۲/۱٦ درصد بوده است.

بدین معنی که استفاده همزمان مایکوریزا و باکتری در سطح ۳۵ کیلوگرم در هکتار فسفر سبب افزایش ۳۲/۱۶ درصدی تعداد برگ نسبت به شاهد شده است. اثرات مثبت و مفید کاربرد کودهای بیولوژیکی به تنهایی و همراه با کودهای شیمیایی در گیاهان روغنی گزارش شده است. به عنوان مثال عملکرد دانه و اجزای عملکرد گلرنگ اثر معنی‌داری به‌وسیله‌ی 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. افزایش سطح برگ گیاه گلرنگ در اثر تلقیح ازتوباکتر و مایکوریزا گزارش شد (میرزاخانی و همکاران، ۱۳۸۹). چون مایکوریزا و باکتری خود فسفر خاک را قابل جذب می‌کنند با اضافه نمودن فسفر به خاک سبب افزایش فسفر قابل جذب در خاک شده و این دو میکرواورگانیسم دیگر تمایل به فعالیت نداشته و فقط از گیاه برای تغذیه خود استفاده کرده و به صورت انگل در می‌آیند.



شکل (۱۹): مقایسه میانگین سطوح مختلف فسفر و باکتری بر تعداد برگ بوته در نمونه‌برداری سو

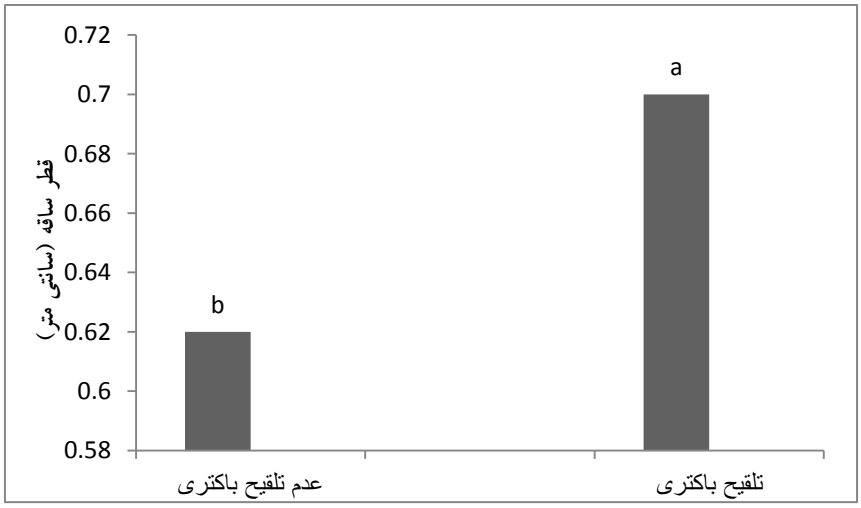


شکل (۲۰): مقایسه میانگین سطوح مختلف فسفر و مایکوریزا بر تعداد برگ بوته در نمونه‌برداری سوم

جدول ۵-۲: مقایسه میانگین سطوح مختلف فسفر، مایکوریزا و باکتری بر تعداد برگ بوته در نمونه-برداری سوم

			تعداد برگ در بوته	
عدم تلقیح مایکوریزا	**عدم تلقیح باکتری**	**سطح ۰ کیلوگرم در هکتار فسفر**	**۳۸/۳۳**	**ef**
		سطح ۳۵ کیلوگرم درهکتار **فسفر**	**۴۱**	**def**
		سطح ۷۰ کیلوگرم درهکتار فسفر	**۳۸/۶۶**	**ef**
	تلقیح باکتری	سطح ۰ کیلوگرم در هکتار فسفر	**۴۲**	**de**
		سطح ۳۵ کیلوگرم درهکتار فسفر	**۴۸/۳۳**	**ab**
		سطح ۷۰ کیلوگرم در هکتار فسفر	**۳۶/۶۶**	**f**
تلقیح مایکوریزا	**عدم تلقیح باکتری**	سطح ۰ کیلوگرم در هکتار فسفر	**۴۳/۶۶**	**cd**
		سطح ۳۵ کیلوگرم درهکتار فسفر	**۳۹**	**ef**
		سطح ۷۰ کیلوگرم در هکتار فسفر	**۳۸**	**ef**
	تلقیح باکتری	سطح ۰ کیلوگرم در هکتار فسفر	**bcd۴۴**	
		سطح ۳۵ کیلوگرم درهکتار فسفر	a**۵۰/۶۶**	
		سطح ۷۰ کیلوگرم در هکتار فسفر	**۴۷/۳۳**	**abc**

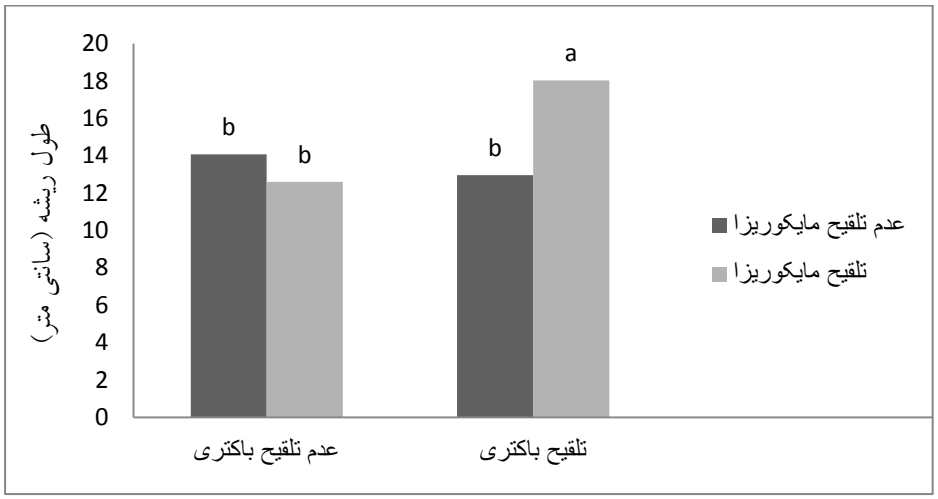
قطر ساقه: از میان تمامی تیمارهای بررسی شده تنها اثر باکتری محرک رشد در سطح احتمال ۱٪ از لحاظ آماری معنی‌دار شده بود (جدول پیوست ٦). با توجه به شکل (۲۱) که مربوط به اثر باکتری محرک رشد بر قطر ساقه است شاهد افزایش ۱۲/۹ درصدی قطر ساقه نسبت به عدم مصرف باکتری بودیم. همچنین مایکوریزا آرباسکولار نیز سبب افزایش قطر ساقه شده است اما از لحاظ آماری معنی‌دار نشده است. پاسخ گیاهان به تلقیح با آزوسپیریلوم و ازتوباکتر به صورت افزایش طول و قطر ساقه گزارش شده است (کاپولنیک و همکاران، ۱۹۸۵).



شکل (۲۱): مقایسه میانگین سطوح مختلف باکتری بر قطر ساقه در نمونه‌برداری سوم

طول ریشه: از بین تیمارهای مورد بررسی اثر مایکوریزا آرباسکولار و اثر باکتری محرک رشد در سطح احتمال ۵٪ و اثر متقابل مایکوریزا و باکتری محرک رشد (شکل ۲۲) در سطح ۱٪ از لحاظ آماری معنی-دار شده‌اند (جدول پیوست ٦). جمشیدی و همکاران (۱۳۸۷) به این نتیجه رسیدند که تلقیح مایکوریزا بر صفت طول ریشه در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. در مطالعه‌ای، کودهای بیولوژیک حاوی باکتری‌های

تثبیت کننده نیتروژن مانند نیتروکسین، سوپر نیتروپلاس، مایه تلقیح حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات-های نامحلول و قارچ مایکوریزا نقش مفید و مؤثری در بهبود ویژگی‌های رشد، عملکرد اندام‌های هوایی و خصوصیات کیفی گیاه دارویی زوفا نشان دادند (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۷). با توجه به شکل (۲۲) که نشان‌دهنده اثر متقابل مایکوریزا آرباسکولار و باکتری محرک رشد است مشاهده شد که بیشترین طول ریشه مربوط به تیمار تلقیح همزمان مایکوریزا همراه با تلقیح باکتری محرک رشد بوده است که این نتیجه نشان دهنده اثر مثبت مایکوریزا آرباسکولار و باکتری محرک رشد بر طول ریشه بوده است که این افزایش طول ریشه نسبت به عدم مصرف باکتری و مایکوریزا ۲۸/۱٤ درصد بود. پانوار (۱۹۹۱) در تحقیق خود بر روی گندم تلقیح شده بامایکوریزا و باکتری آزوسپیریلوم، گزارش کرد که باکتری عمدتاً رشد ریشه را تشدید کرد، در حالیکه قارچ، وزن ریشه و اندام‌های هوایی را افزایش داد. نتایج تحقیق راتی و همکاران (۲۰۰۱) حاکی از آن است که ترکیب قارچ مایکوریزا با باکتری محرک رشد گیاه از جمله باسیلوس و آزوسپیریلوم منجر به افزایش بیوماس و میزان فسفر در گیاه دارویی علف لیمو (*Cymbopogon martini*) گردید. تحقیقات گلیک و همکاران (۱۹۹۸) نشان داد که برخی از انواع باکتری‌های محرک رشد آنزیم آمینو سیکلو پروپان کربوکسیلیک اسید دی آمیناز (ACC-deaminase) را تولید می‌نمایند. این آنزیم، ACC که پیش ماده تولید اتیلن در گیاهان به شمار می‌رود را به کتوبوتیرات و آمونیوم هیدرولیز می‌نماید. به این ترتیب فعالیت ACC deaminase کاهش تولید اتیلن در ریشه را به همراه داشته و لذا رشد ریشه بهتر می‌شود (پنروس و همکاران، ۲۰۰۱).



شکل (۲۲): مقایسه میانگین سطوح مختلف مایکوریزا و باکتری برطول ریشه در نمونه‌برداری سوم

وزن خشک ساقه: بر اساس نتایج تجزیه واریانس در جدول ضمیمه ٦، اثر مایکوریزا آرباسکولار، اثر باکتری محرک رشد، اثر سطوح مختلف فسفر و اثر متقابل مایکوریزا و باکتری محرک رشد در سطوح مختلف فسفر در سطح احتمال ۱٪ از لحاظ آماری معنی‌دار شده‌اند. خرم‌دل و همکاران (۱۳۸۷) افزایش عملکرد و بهبود خصوصیات رشدی در سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) را با مصرف کودهای بیولوژیک گزارش نمودند. اورتاس و هریس (۱۹۹٦) اظهار داشتند که استفاده از قارچ مایکوریزا سرعت رشد گیاه را افزایش داده و بر تخصیص و انتقال بیوماس بین ریشه و ساقه اثر می‌گذارد، به طوری که با جذب بیشتر عناصر غذایی و انتقال آنها وزن خشک اندام‌های هوایی افزایش می‌یابد. در مطالعه شفاعتی و همکاران (۱۳۸۹) مصرف باکتری‌های محرک رشد در صفت وزن تر و خشک ساقه از نظر آماری تأثیر معنی‌داری داشته است.

با توجه به جدول ۵-۳ که مربوط به اثر متقابل مایکوریزا آرباسکولار و باکتری محرک رشد در سطوح مختلف فسفر است، بیشترین وزن خشک ساقه را در تیمار تلقیح همزمان مایکوریزا و باکتری محرک رشد در سطح فسفر ۷۰ کیلوگرم در هکتار بود که نشان دهنده اثر متقابل مثبت این دو میکرواورگانیسم بر هم بود که سبب افزایش ۹۳/٤٥ درصدی وزن خشک ساقه نسبت به عدم مصرف مایکوریزا و باکتری و عدم مصرف فسفر شد. در مطالعه‌ای، کودهای بیولوژیک حاوی باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن مانند نیتروکسین، سوپر نیتروپلاس، مایه تلقیح حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات‌های نامحلول و قارچ مایکوریزا نقش مفید و مؤثری در بهبود ویژگی‌های رشد، عملکرد اندام‌های هوایی و خصوصیات کیفی گیاه دارویی زوفا نشان دادند (کوچکی و همکاران، ۱۳۸۷). شوقی و همکاران (۱۳۸۹) اظهار داشتند تلقیح بذر با باکتری افزاینده رشد ازتوباکتر و آزسپریلیوم موجب بهبود خصوصیات مورفولوژیک آفتابگردان شده و افزایش معنی‌دار سطح برگ، وزن خشک برگ و ساقه و ارتفاع در مقایسه با تیمار شاهد شد.

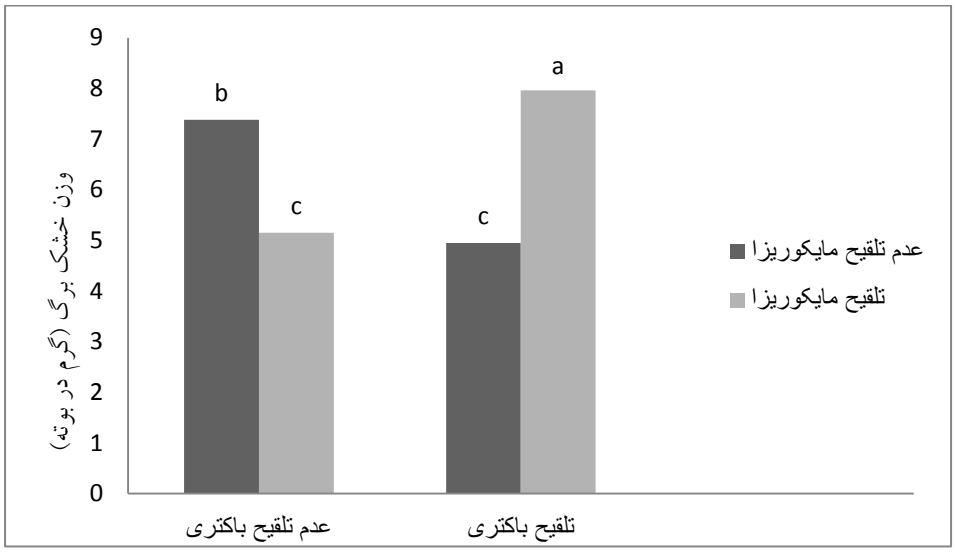
جدول ۵-۳: مقایسه میانگین سطوح مختلف فسفر، مایکوریزا و باکتری بر وزن خشک ساقه (گرم در بوته) در نمونه‌برداری سوم

			وزن خشک ساقه (گرم در بوته)	
عدم تلقیح مایکوریزا	عدم تلقیح باکتری	سطح ۰ کیلوگرم در هکتار فسفر	۸/۵۶	e
		سطح ۳۵ کیلوگرم درهکتار فسفر	۹/۸۹	de
		سطح ۷۰ کیلوگرم درهکتار فسفر	۹/۶۳	de
	تلقیح باکتری	سطح ۰ کیلوگرم در هکتار فسفر	d۱۱/۳	
		سطح ۳۵ کیلوگرم درهکتار فسفر	۸/۴۵	e
		سطح ۷۰ کیلوگرم در هکتار فسفر	۱۳/۹۳	c
تلقیح مایکوریزا	عدم تلقیح باکتری	سطح ۰ کیلوگرم در هکتار فسفر	۱۳/۴۹	c
		سطح ۳۵ کیلوگرم درهکتار فسفر	۱۴/۷۱	bc
		سطح ۷۰ کیلوگرم در هکتار فسفر	۱۶/۶۳	ab
	تلقیح باکتری	سطح ۰ کیلوگرم در هکتار فسفر	abc۱۵/۴۴	
		سطح ۳۵ کیلوگرم درهکتار فسفر	ab ۱۶/۵۵	
		سطح ۷۰ کیلوگرم در هکتار فسفر	a۱۶/۸۶	

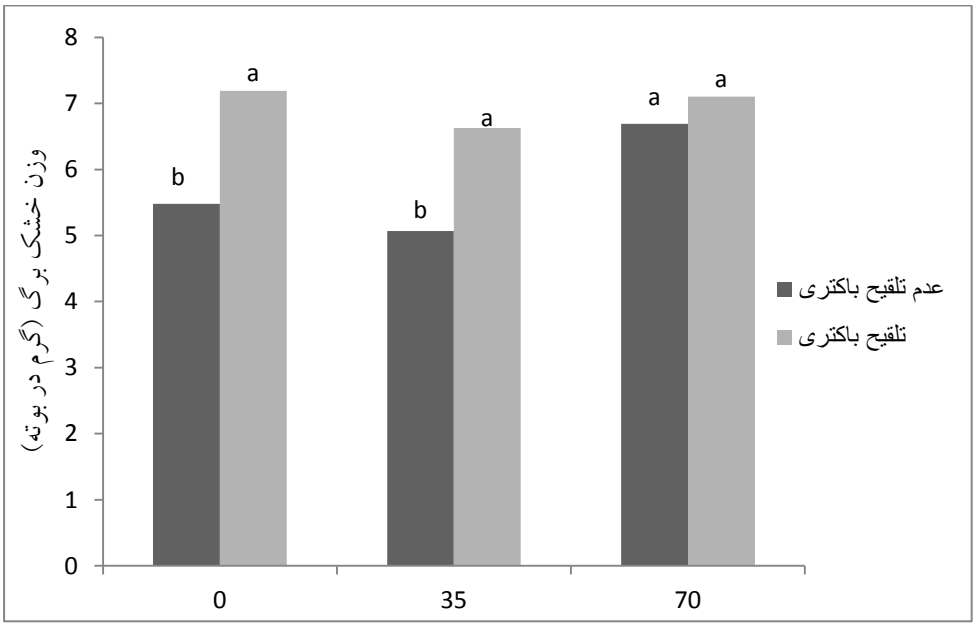
وزن خشک برگ: نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر سطوح مختلف فسفر، اثر متقابل مایکوریزا و باکتری و اثر متقابل باکتری محرک رشد و سطوح مختلف فسفر در سطح احتمال ۱٪ از لحاظ آماری معنی‌دار شده‌اند (جدول پیوست ۷). شکل (۲۳) بیانگر اثر متقابل مایکوریزا آرباسکولار و باکتری محرک رشد بر وزن خشک برگ است. بیشترین وزن خشک برگ مربوط به تیمار تلقیح همزمان مایکوریزا و باکتری بوده است که سبب افزایش ۷/۸۵ درصدی وزن خشک برگ نسبت به عدم مصرف باکتری و مایکوریزا شد. برخی محققین بیان کرده‌اند که این باکتری‌ها ، هورمون‌های گیاهی تولید می-

کنند که می‌توانند سبب افزایش رشد گیاه شده یا رشد ریشه را تشدید کرده و بنابراین ظرفیت جذب عناصر غذایی را بالا برده و شانس گیاه را در اجتناب از خشکی افزایش می‌دهند (بارا و همکاران، ۲۰۰۵ و ۱۹۹۷؛ کاپولینک و همکاران، ۱۹۸۷).

شکل (۲٤) که مربوط به اثر متقابل باکتری محرک رشد در سطوح فسفر است نشان می‌دهد که سطوح مختلف فسفر بر وزن خشک برگ تأثیرداشته و خود باکتری نیز سبب افزایش وزن خشک برگ شده بود. تحریک رشد گیاهان توسط باکتری‌های ریزوسفری می‌تواند به دو روش مستقیم و غیر مستقیم رخ دهد. در روش مستقیم باکتری‌ها از طریق تثبیت نیتروژن اتمسفری، افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی در ناحیه ریزوسفر و افزایش سطح تماس ریشه، اثرات سودمند خود را نشان می‌دهند (گلایک، ۱۹۹۵). اثر غیر مستقیم باکتری‌ها بر رشد گیاه هنگامی مشخص می‌شود که این باکتری‌ها شرایط محدود کننده رشد گیاه را از بین برده و یا کاهش دهد. این فرآیند با تولید برخی ترکیبات (لئونگ، ۱۹۸٦) و یا القاء مقاومت به عوامل بیماری‌زا (لیو و همکاران، ۱۹۹۵) انجام می‌شود. سسیلیا و باگیراج (۱۹۸۷) گزارش کردند که جمعیت کل باکتری‌های همراه با گونه‌های *G.fasciculatum* و *Gigaspora margarita* نسبت به گیاهان غیرمایکوریزایی بیشتر بود. گزارش شده است که هیف‌های خارج سلولی قارچ‌های مایکوریزا آرباسکولار به عنوان مواد فیزیکی یا تغذیه‌ای برای باکتری ها محسوب می‌شوند (کاردوسو و کویپر، ۲۰۰٦؛ هادج، ۲۰۰۰).



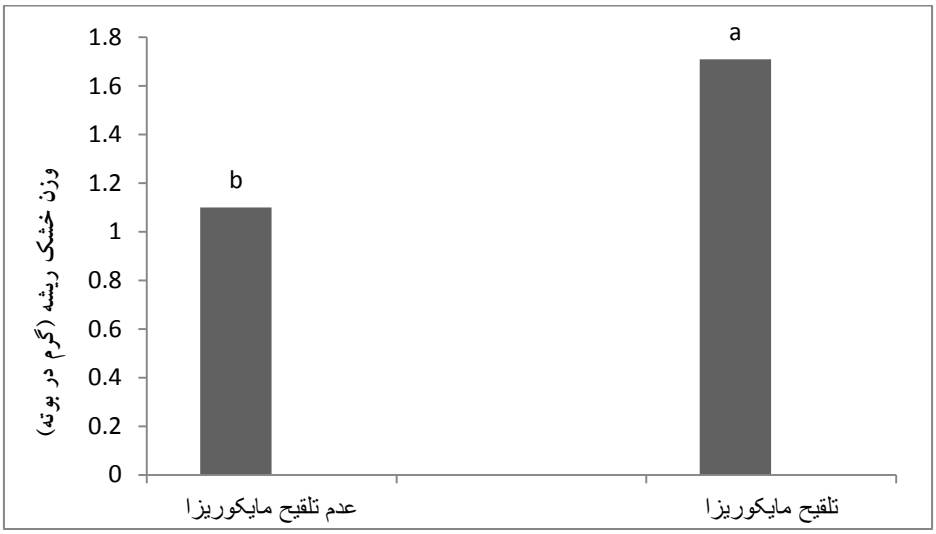
شکل (۲۳): مقایسه میانگین سطوح مختلف مایکوریزا و باکتری بر وزن خشک برگ در نمونه‌برداری سوم



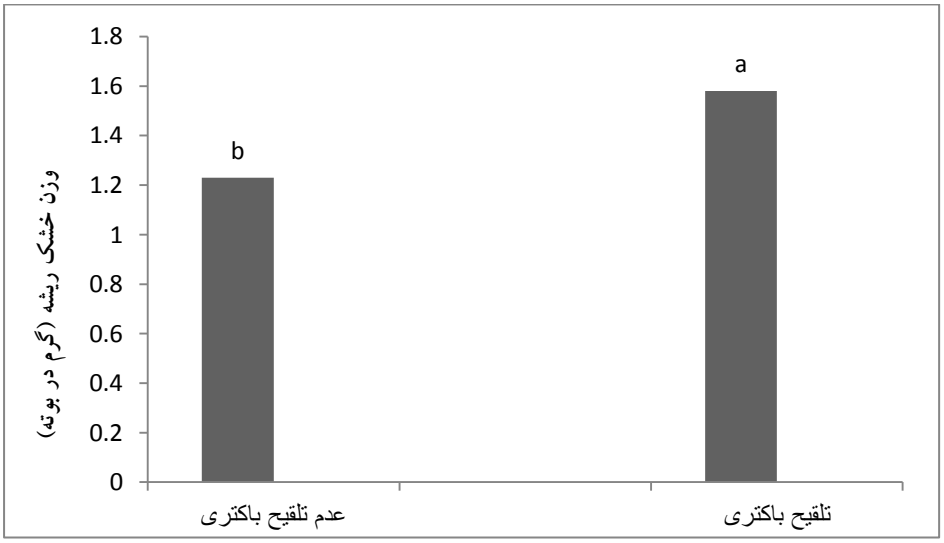
شکل (۲٤): مقایسه میانگین سطوح مختلف فسفر و باکتری بر وزن خشک برگ در نمونه‌برداری سوم

وزن خشک ریشه: وزن خشک ریشه نیز یکی از صفات اندازه گیری این آزمایش بود که بر اساس نتیجه‌های حاصل از جداول تجزیه واریانس، اثر مایکوریزا آرباسکولار و اثر باکتری محرک رشد بر این صفت در سطح احتمال ۱٪ از لحاظ آماری معنی‌دار شده‌اند (جدول پیوست ۷). شکل (۲۵) که مربوط به اثر مایکوریزا آرباسکولار است نشان دهنده اثر مثبت و افزایشی مایکوریزا بر وزن خشک ریشه بود که نسبت به عدم مصرف مایکوریزا ۵۵/٤۵ درصد افزایش داشت. فنگ و همکاران (۲۰۰۲) در تحقیق خود بر ذرت مایکوریزایی شده، مشاهده کردند که وزن خشک ریشه و اندام‌های هوایی در نتیجه همزیستی با مایکوریزا افزایش یافت. 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.

شکل (۲٦) مربوط به اثر باکتری محرک رشد بر وزن خشک ریشه است که بیانگر اثر مثبت و افزایشی باکتری بر وزن خشک ریشه بود این افزایش وزن خشک نسبت به شاهد معادل ۲۸/٤۵ درصدحساب گردید. آزمایشات انجام شده در شرایط آزمایشگاهی با آزسپریلوم به عنوان یک باکتری محرک رشد گیاهی، تولید هورمون‌های گیاهی اکسین، جیبرلین، سیتوکینین و اتیلن را اثبات کرده‌اند (پاتن و گلایک، ۱۹۹٦). همچنین سنتز هورمون‌های فوق توسط بسیاری از سویه‌های ازتوباکتر نیز مشخص شده است (لیم و همکاران، ۱۹۹۱؛ مانسفلدگیس و همکاران، ۲۰۰۰).



شکل (۲۵): مقایسه میانگین سطوح مختلف مایکوریزا بر وزن خشک ریشه در نمونه‌برداری سوم

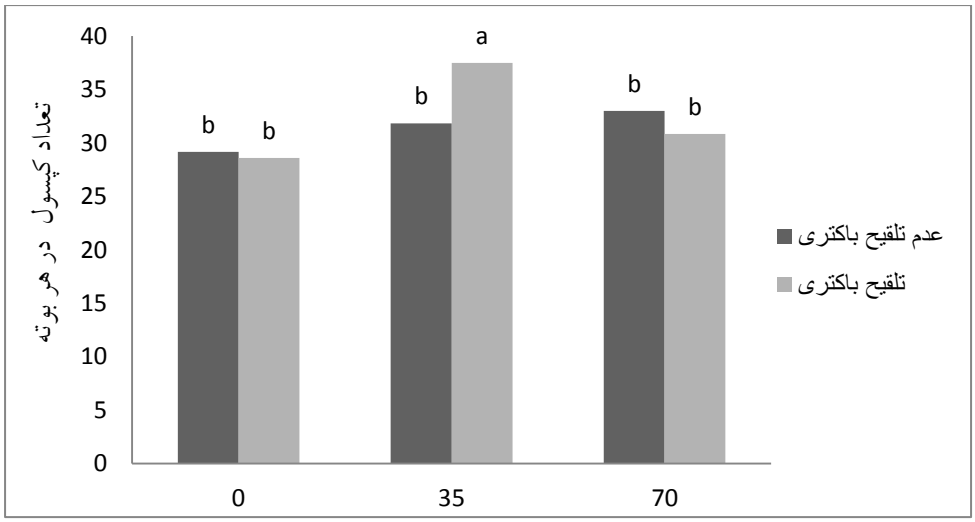


شکل (۲٦): مقایسه میانگین سطوح مختلف باکتری بر وزن خشک ریشه در نمونه‌برداری سوم

تعداد کپسول: تعداد کپسول در بوته کنجد یکی از اجزای مهم عملکرد کنجد می‌باشد. تجزیه واریانس داده‌های این صفت تفاوت معنی‌داری را بین تیمارهای مختلف کودی نشان داد (جدول پیوست ۷). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تیمارهای مایکوریزا، اثر متقابل باکتری و کود فسفر و همچین اثر متقابل سه-گانه مصرف مایکوریزا ، باکتری و کود فسفر بر این صفت معنی‌دار بودند. شکل شماره (۲۷) بیانگر تأثیر باکتری محرک رشد و سطوح مختلف فسفر بر تعداد کپسول گیاه کنجد می‌باشد. بر اساس این شکل تیمار تلقیح باکتری و سطح فسفر ۳۵ کیلوگرم درهکتار سبب افزایش ۲۸/٦ درصدی کپسول نسبت به عدم مصرف باکتری و فسفر بوده است. علت افزایش تعداد کپسول در این مطالعه احتمالاً کاهش رقابت درون بوته‌ای، بهبود رشد گیاه و اختصاص مواد فتوسنتزی بیشتری به تولید کپسول بوده است. تاکور و پانور (۱۹۹۷) گزارش کردند که تلقیح مایکوریزا در گیاه لوبیا باعث افزایش در تعداد غلاف شد.

با توجه به جدول ٥-٤ که نشان دهنده اثر متقابل مایکوریزا، باکتری و فسفر بر تعداد کپسول در بوته است نشان می‌دهد که بیشترین تعداد کپسول در تیمار تلقیح همزمان مایکوریزا و باکتری و سطح ۰ کیلوگرم در هکتار فسفر بدست آمده است که یک افزایش ۱۸٦ درصدی نسبت به تیمار شاهد داشته است که نشان دهنده اثر متقابل مثبت مایکوریزا و قارچ بر همدیگر بوده است.گزارش شده است که باکتری‌های محرک رشد گیاه، می‌توانند آنتی بیوتیک‌ها یا مواد جانبی دیگری تولید کنند که میکروب‌های مضر را از بین می‌برند و یا هورمون‌های گیاهی (اکسین، جیبرلین، سیتوکینین)، اسید امینه (آرژنین، لیزین، تریپتوفان، هیستیدین، سیستئین)، اسید پالمتیک، ویتامین‌های گروه B و سایر ترکیبات که باعث رشد گیاه می‌شوند را تولید کرده و به طور مستقیم بر روی گیاه تأثیر می‌گذارند و یا اینکه از راه‌های مختلف

وضعیت تغذیه‌ای گیاه را بهبود بخشند (کاردوسو و کوپر، ۲۰۰۶؛ مارتین و همکاران، ۱۹۸۹). 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. (فلاح و خاوازی، ۱۳۸۰). با توجه به منابع بالا مشاهده می‌شود که باکتری و فسفر اثر متقابل مثبت داشته و سبب افزایش تعداد کپسول شدند.



شکل (۲۷): مقایسه میانگین سطوح مختلف فسفر و باکتری بر تعداد کپسول در نمونه‌برداری سوم

جدول ۵-٤: مقایسه میانگین سطوح مختلف فسفر، مایکوریزا و باکتری بر تعداد کپسول در بوته در نمونه‌برداری سوم

تعداد کپسول در بوته

عدم تلقیح مایکوریزا	عدم تلقیح باکتری	سطح ۰ کیلوگرم در هکتار فسفر	۲۴/۶۶	ef
		سطح ۳۵ کیلوگرم درهکتار فسفر	۳۳	cd
		سطح ۷۰ کیلوگرم درهکتار فسفر	۲۶	ef
	تلقیح باکتری	سطح ۰ کیلوگرم در هکتار فسفر	۲۹	de
		سطح ۳۵ کیلوگرم درهکتار فسفر	۲۲	f
		سطح ۷۰ کیلوگرم در هکتار فسفر	cde۲۹/۳۳	
تلقیح مایکوریزا	عدم تلقیح باکتری	سطح ۰ کیلوگرم در هکتار فسفر	۳۳/۶۶	cd
		سطح ۳۵ کیلوگرم درهکتار فسفر	۳۰/۶۶	cde
		سطح ۷۰ کیلوگرم در هکتار فسفر	۴۰	ab
	تلقیح باکتری	سطح ۰ کیلوگرم در هکتار فسفر	a۴۶	
		سطح ۳۵ کیلوگرم درهکتار فسفر	bc۳۵/۳۳	
		سطح ۷۰ کیلوگرم در هکتار فسفر	۳۲/۳۳	cd

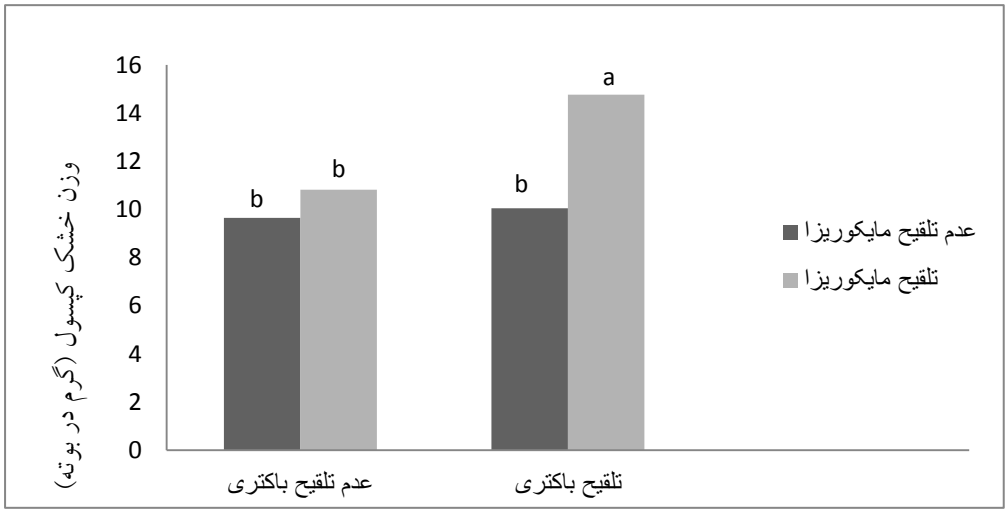
وزن خشک کپسول: وزن خشک کپسول یکی از صفات مهم قابل اندازه گیری در گیاه کنجد است که نشان دهنده افزایش اندازه کپسول و بذرها می‌باشد، تجزیه واریانس داده‌های این صفت تفاوت معنی‌داری را بین تیمارهای مختلف کودی نشان داد. اثر مایکوریزا آرباسکولار، اثر باکتری محرک رشد، اثر سطوح مختلف فسفر، اثر متقابل مایکوریزا و باکتری محرک رشد، اثر متقابل مایکوریزا در سطوح فسفر و اثر متقابل باکتری محرک رشد در سطوح مختلف فسفر در سطح احتمال ۱٪ و اثر متقابل مایکوریزا آرباسکولارو باکتری محرک رشد در سطوح مختلف فسفر در سطح احتمال ۵٪ از لحاظ آماری معنی‌دار

شده‌اند (جدول پیوست ۷). آگوئیلرا گومز و همکاران (۱۹۹۹) افزایش زیست توده ریشه، اندام‌های هوایی و میوه را در گیاهان فلفل مایکوریزایی شده مشاهده کردند. زهیر و همکاران (۲۰۰۰) افزایش ۱۸ درصدی وزن خشک بوته ذرت که بذرهای آن با باکتری‌های ازتوباکتر و سودوموناس تلقیح شده بودند را گزارش کردند. با توجه به شکل (۲۸) که مربوط به اثرمتقابل مایکوریزا و باکتری محرک رشد بر وزن خشک کپسول است نشان دهنده اثر متقابل مثبت و افزایشی این دو میکرواورگانیسم بروزن خشک کپسول بود که تلقیح همزمان این دو با هم بیشترین وزن خشک کپسول را در مقایسه با تلقیح هر کدام به تنهایی داشت. افزایش وزن خشک در اثر تلقیح همزمان مایکوریزا و باکتری نسبت به شاهد ۵۲/۹۵ درصد بوده است. هادج (۲۰۰۰) گزارش کرد که مایکوریزا و باکتری‌های موجود در خاک در یک ارتباط متقابل اسید آمینه، ویتامین‌ها و برخی هورمون‌ها را ترشح می‌کنند که باعث تشدید رشد و تکثیر آنها می‌شود. با توجه شکل (۲۹) که مربوط به اثر متقابل مایکوریزا در سطوح فسفر است نشان دهنده اثر منفی افزایش فسفر بر وزن خشک کپسول است که بیشترین وزن خشک کپسول مربوط به تیمار تلقیح مایکوریزا و سطح ۰ کیلوگرم در هکتار فسفر نسبت به سطوح دیگر بود که نسبت به عدم مصرف مایکوریزا و فسفر ۲۵/۷۲ درصد افزایش داشت، و با افزایش فسفر کارایی مایکوریزا کم شده و باعث کاهش وزن خشک کپسول شده است. طبق شکل (۲۹) کمترین وزن خشک مربوط به تیمار تلقیح مایکوریزا و سطح ۳۵ کیلو گرم در هکتار فسفر بوده است. با توجه به شکل (۳۰) که مربوط به اثر متقابل باکتری محرک رشد در سطوح فسفر است نشان دهنده اثر متقابل منفی این دو بر هم بود به طوریکه بیشترین وزن خشک کپسول مربوط به تیمار تلقیح باکتری و سطح ۰ کیلوگرم در هکتار فسفر حاصل گردید که نسبت به تلقیح باکتری و سطح ۷۰کیلوگرم فسفر در هکتار ۲۹/۹٤ درصد افزایش داشت. همانطور که در شکل (۳۰) ملاحظه

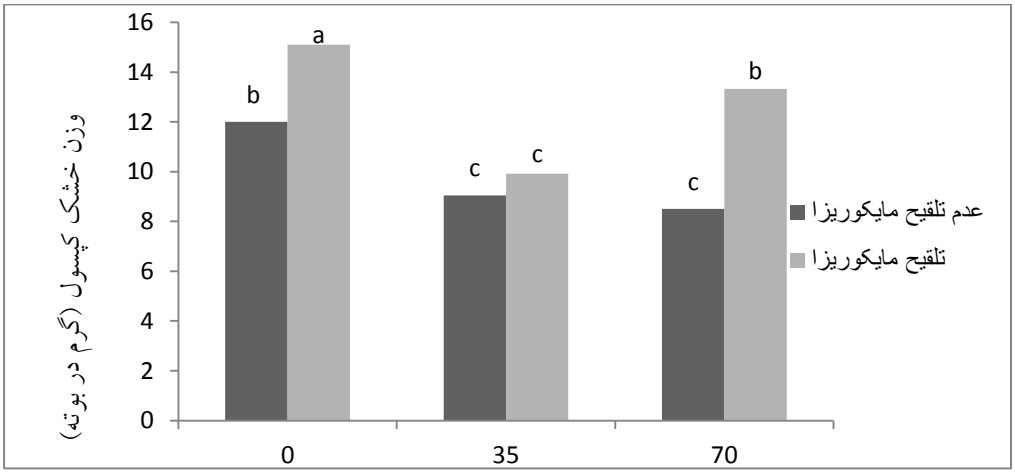
می‌شود مقادیر بالای فسفر خاک سبب کاهش صفت وزن خشک کپسول شده است. مطالعه‌ای به منظور بررسی اثر سیستم‌های تغذیه آلی، تلفیقی، شیمیایی و باکتری‌های افزاینده رشد (PGPR) بر مراحل فنولوژی، عملکرد و اجزای آفتابگردان به اجرا در آمد، نتایج بیانگر آن بود که سیستم تغذیه شیمیایی به واحدهای گرمایی کمتری برای مراحل مختلف 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. در آزمایش مزبور بذور تلقیح شده با باکتری ازتوباکتر و آزسپریلیوم، عملکرد دانه، ارتفاع و میزان روغن را در مقایسه با تیمار کنترل افزایش و درجه روزهای گرمایی برای مراحل فنولوژی را کاهش دادند. بنابراین خصوصیات کمی و کیفی آفتابگردان در ترکیب کود زیستی و سیستم تلفیقی از کود دامی و شیمیایی نسبت به زمانی که به تنهایی استفاده می‌شود نتیجه بهتری دارند (اکبری و همکاران، ۱۳۸۸). در آزمایش حاضر هرچند مصرف توأم باکتری محرک رشد و ۷۰کیلوگرم در هکتار فسفر موجب افزایش وزن خشک کپسول گردید اما به نظر می‌رسد عدم مصرف فسفر کارایی باکتری محرک رشد را در این صفت بالاتر می‌برد. که این نتیجه با تحقیق قبلی مطابقت ندارد.

جدول ۵-۵ مربوط به اثر سه‌گانه مایکوریزا و باکتری محرک رشد در سطوح فسفر بروزن خشک کپسول است، این جدول نشان دهنده اثر مثبت مایکوریزا و باکتری محرک رشد می‌باشد که بیشترین وزن خشک کپسول در تیمار تلقیح همزمان مایکوریزا و باکتری و سطح ۰ و ۳۵ کیلوگرم در هکتار فسفر حاصل گردید که سطح ۰ کیلوگرم بیشترین بوده است و نسبت به شاهد ۱۷٦/۳۷ درصد افزایش داشت.

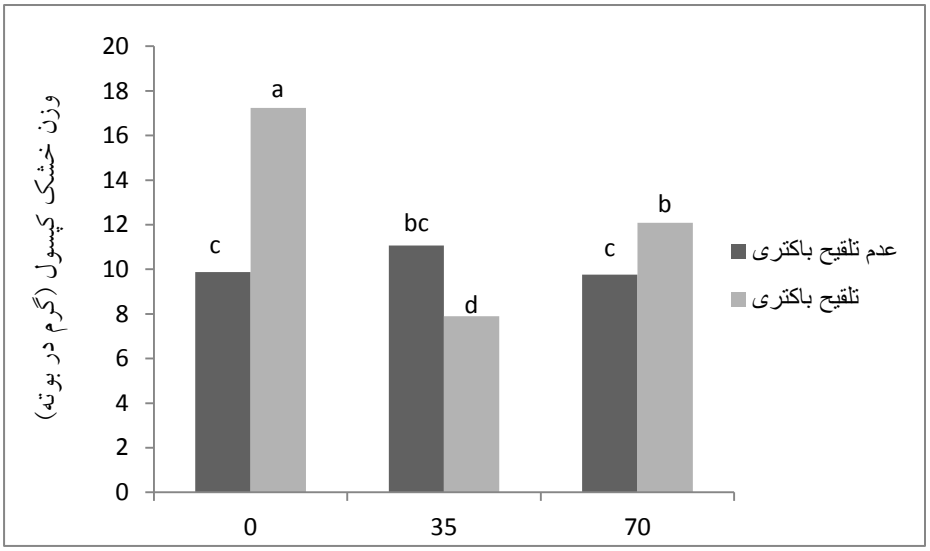
موجودات میکروبی همزیست با قارچ‌های مایکوریزا آرباسکولار بر توسعه بیشتر هیف در خاک و متابولیت های ثانویه آنها که توسط هیف جذب شده و به گیاه میزبان انتقال می‌گردد، اثرات زیادی دارند.



شکل(۲۸):مقایسه میانگین سطوح مختلف مایکوریزا و باکتری بر وزن خشک کپسول در نمونه‌برداری سوم



شکل (۲۹): مقایسه میانگین سطوح مختلف فسفر و مایکوریزا بر وزن خشک کپسول در نمونه‌برداری سوم



شکل (۳۰): مقایسه میانگین سطوح مختلف فسفر و باکتری بر وزن خشک کپسول در نمونه‌برداری سوم

جدول ۵-۵: مقایسه میانگین سطوح مختلف فسفر ، مایکوریزا و باکتری بر وزن خشک کپسول (گرم در بوته) در نمونه‌برداری سوم

وزن خشک کپسول (گرم در بوته)

عدم تلقیح مایکوریزا	**عدم تلقیح باکتری**	**سطح ۰ کیلوگرم در هکتار فسفر**	**۷/۲۸ fg**
		سطح ۳۵ کیلوگرم درهکتار **فسفر**	**۹/۸۵ ef**
		سطح ۷۰ کیلوگرم درهکتار فسفر	**۱۲/۲۵ cde**
	تلقیح باکتری	سطح ۰ کیلوگرم در هکتار فسفر	**bc۱۴/۳۷**
		سطح ۳۵ کیلوگرم درهکتار فسفر	**۶/۰۶ g**
		سطح ۷۰ کیلوگرم در هکتار فسفر	**۹/۷۴ e**
تلقیح مایکوریزا	**عدم تلقیح باکتری**	سطح ۰ کیلوگرم در هکتار فسفر	**۱۰/۰۸ de**
		سطح ۳۵ کیلوگرم درهکتار فسفر	**۱۰/۱۲ de**
		سطح ۷۰ کیلوگرم در هکتار فسفر	**bcd۱۲/۲۳**
	تلقیح باکتری	سطح ۰ کیلوگرم در هکتار فسفر	**a۲۰/۱۲**
		سطح ۳۵ کیلوگرم درهکتار فسفر	a۱۹/۷۳
		سطح ۷۰ کیلوگرم در هکتار فسفر	**a۱۴/۴۲**

وزن خشک کل: وزن خشک کل بوته در این آزمایش شامل وزن خشک اندام‌های هوایی و اندام‌های زمینی می‌باشد. جدول پیوست (۷) نشان دهنده تأثیر تیمارهای مختلف بر وزن خشک کل است که طبق آن، اثر مایکوریزا آرباسکولار، اثر باکتری محرک رشد، اثر سطوح مختلف فسفر، اثر متقابل مایکوریزا آرباسکولار و باکتری محرک رشد ، اثر متقابل باکتری محرک رشد در سطوح فسفر و اثر متقابل مایکوریزا و باکتری محرک رشد در سطوح مختلف فسفر بر وزن خشک کل در سطح احتمال ۱٪ از لحاظ آماری معنی‌دار شده‌اند. فنگ و همکاران (۲۰۰۲) در تحقیق خود در مورد تأثیر تنش خشکی بر میزان تحمل گیاه

ذرت مایکوریزایی شده، مشاهده کردند که وزن خشک ریشه و اندام‌های هوایی در نتیجه همزیستی با مایکوریزا (جنس گلوموس) افزایش یافت. استانچوا و همکاران (۱۹۹۲) افزایش وزن خشک بوته بر اثر تلقیح بذرها با باکتری آزوسپیریلوم را نشان دادند. با توجه به شکل (۳۱) که مربوط به اثر متقابل مایکوریزا آرباسکولار و باکتری محرک رشد بر وزن خشک کل بوته است بیشترین وزن خشک بوته در تلقیح همزمان مایکوریزا و باکتری حاصل شد که نسبت به عدم مصرف مایکوریزا و باکتری ٤٨/٢٧ درصد افزایش داشت. تیلاک و سینک (۱۹۸۸) گزارش کردند که باکتری *Azospirillum brasilens* کلونیزاسیون ریشه‌ها توسط قارچ‌های مایکوریزا آرباسکولار را تحریک کرده و رشد را در ارزن مرواریدی *Pennisetum glaucum* افزایش داد. آنها پیشنهاد کردند که وجود باکتری *Azospirillum brasilense* در پوست ریشه ارزن مرواریدی مایکوریزایی شده، احتمال وجود اثر متقابل بین قارچ‌های مایکوریزا آرباسکولار و باکتری آزسپیریلوم در داخل گیاه را تأیید می‌کند.

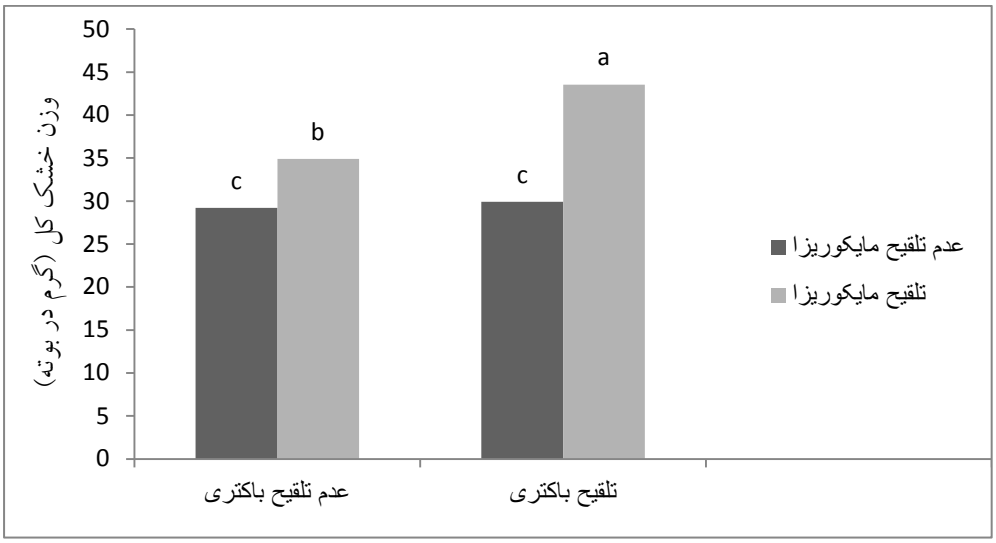
بسیاری از باکتری‌ها قادرند به عنوان باکتری کمک‌کننده به مایکوریزا (MHB) تلقی شده و فرآیند همزیستی مایکوریزایی را تشدید کنند. به نظر می‌رسد در این آزمایش نیز باکتری‌های محرک رشد سبب تشدید همزیستی شده و احتمال تاثیر متقابل مایکوریزا بر فعالیت باکتری محرک رشد نیز دور از انتظار نیست.

شکل (۳۲) نشان‌دهنده اثر متقابل باکتری محرک رشد در سطوح مختلف فسفر بر وزن خشک کل است، در این شکل بیشترین وزن خشک بوته مربوط به تیمار تلقیح باکتری و سطح ۳۵ کیلوگرم در هکتار فسفر بود که نسبت به عدم مصرف باکتری و فسفر ٤٤/٨٢ درصد افزایش داشته است. یک باکتری می-

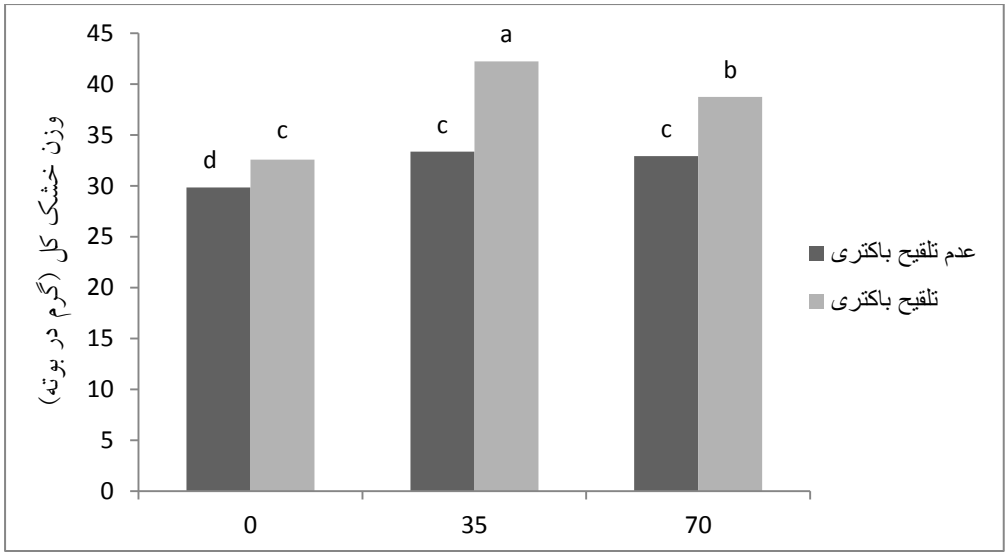
تواند رشد گیاه را بوسیله یک یا تعدادی از این مکانیسم‌ها تحت تأثیر قرار دهد و نیز از توانایی‌های مختلف خود در زمان‌های متفاوت دوره زندگی گیاه برای افزایش رشد استفاده نماید (گلایک و همکاران، ۱۹۹۹) به ویژه در مورد انواع باکتری‌های آزادزی که قادرند علاوه بر تثبیت نیتروژن و افزایش قابلیت دسترسی به ترکیبات غیر محلول مانند فسفات، با تولید انواع متابولیت‌ها، رشد گیاه را به ویژه در شرایط نامساعد محیطی بهبود بخشند (سینگ، ۱۹۹۳؛ وانگ و همکاران، ۱۹۹۳).

جدول ۵-٦ بیانگر اثر متقابل مایکوریزا و باکتری محرک رشد در سطوح مختلف فسفر بر وزن خشک کل است، در این جدول باکتری و مایکوریزا بر هم اثر مثبت داشتند که بیشترین وزن خشک بوته در تیمار تلقیح همزمان مایکوریزا و باکتری محرک رشد در سطح ۳۵ کیلوگرم در هکتار فسفر حاصل شد که نسبت به عدم مصرف مایکوریزا و باکتری و عدم مصرف فسفر ۸۱/٤۸ درصد افزایش داشته است. پاکوفسکی (۱۹۸۸) گزارش کرد که در سورگوم رشد کرده در شرایط نیتروژن و فسفر قابل دسترس کم، تلقیح با مایکوریزا گونه *G .fasciulatum* و باکتری *Azospirillum brasilense* سبب افزایش رشد بوته‌ها در مقایسه با گیاهان شاهد تلقیح نشده گردید، همچنین تلقیح دو جانبه، رشد را به میزان بیشتری نسبت به تلقیح با یک همزیست افزایش داد. آنها همچنین گزارش کردند که تلقیح با باکتری آزسپیریلوم سبب افزایش کلونیزاسیون مایکوریزا، زیست توده و تعداد ویزیکول‌های قارچی شد. طبق تحقیقات محققین فوق احتمالاً این گونه می‌توان نتیجه گرفت که تلقیح همزمان مایکوریزا و باکتری تأثیر مثبت و افزایشی بر وزن خشک کل داشته و همچنین در فسفر سطح ۳۵ کیلوگرم در هکتار همراه با تلقیح همزمان مایکوریزا و باکتری سبب بالاترین وزن خشک بین تیمارهای دیگر شد و با افزایش فسفر از این سطح

وزن خشک کاهش پیدا می‌کند که دلیل آن می‌تواند تأثیر منفی استفاده کودهای شیمیایی بر کودهای بیولوژیک باشد.



شکل (۳۱): مقایسه میانگین سطوح مختلف مایکوریزا و باکتری بر وزن خشک کل بوته در نمونه‌برداری سوم



شکل (۳۲): مقایسه میانگین سطوح مختلف فسفر و باکتری بر وزن خشک کل بوته در نمونه‌برداری سوم

جدول ۵-٦: مقایسه میانگین سطوح مختلف فسفر، مایکوریزا و باکتری بر وزن خشک کل (گرم در بوته)

بوته در نمونه‌برداری سوم

وزن خشک کل (گرم در بوته)

عدم تلقیح مایکوریزا	**عدم تلقیح باکتری**	**سطح ۰ کیلوگرم در هکتار فسفر**	**f۲۷/۹۶**	
		سطح ۳۵ کیلوگرم درهکتار **فسفر**	**۳۲/۴۵**	**de**
		سطح ۷۰ کیلوگرم درهکتار فسفر	**۲۷/۲**	**f**
	تلقیح باکتری	سطح ۰ کیلوگرم در هکتار فسفر	**de۳۴/۸۲**	
		سطح ۳۵ کیلوگرم درهکتار فسفر	**۲۲/۳۷**	**g**
		سطح ۷۰ کیلوگرم در هکتار فسفر	**۳۲/۵**	**de**
تلقیح مایکوریزا	**عدم تلقیح باکتری**	سطح ۰ کیلوگرم در هکتار فسفر	**۳۱/۷۲**	**e**
		سطح ۳۵ کیلوگرم درهکتار فسفر	**۳۴/۲۷**	**de**
		سطح ۷۰ کیلوگرم در هکتار فسفر	**c۳۸/۶۶**	
	تلقیح باکتری	سطح ۰ کیلوگرم در هکتار فسفر	**cd۳۶/۰۱**	
		سطح ۳۵ کیلوگرم درهکتار فسفر	a۴۹/۶۵	
		سطح ۷۰ کیلوگرم در هکتار فسفر	**b۴۴/۹۹**	

وزن هزار دانه: در بین عوامل مورد بررسی هیچ یک از تیمارها بر روی وزن هزار دانه تفاوت معنی-داری از لحاظ آماری معنی‌دار نشد (جدول پیوست ۸). مصرف نیتروکسین باعث افزایش وزن هزار دانه شد اما از لحاظ آماری به معنی بود. علت افزایش وزن هزار دانه را می‌توان به افزایش رشد گیاه و فراهمی نیتروژن در گیاه و اختصاص مواد فتوسنتزی بیشتر به دانه نسبت داد. در مطالعه‌ی ساجدی‌نیک و همکاران (۱۳۸۹) تلقیح بذر با نیتروکسین منجر به افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه شد. اما کاهش وزن هزار دانه در اثر مصرف کود بیولوژیک همراه با کود شیمیایی نیز گزارش شده است (ال هباشا، ۲۰۰۷)

میزان عملکرد دانه: از میان تیمارهای مورد بررسی اثر مایکوریزا آرباسکولار، اثر سطوح مختلف فسفر، اثر متقابل مایکوریزا و فسفر، اثر متقابل باکتری محرک رشد و فسفر و اثر متقابل مایکوریزا و باکتری محرک رشد و فسفر در سطح احتمال ۱٪ و اثر باکتری محرک رشد در سطح احتمال ۵٪ از لحاظ آماری معنی‌دار شده‌اند (جدول پیوست ۸). سوبرامانیان و همکاران (۱۹۹۷) نیز افزایش عملکرد دانه را در گیاه ذرت تلقیح شده با مایکوریزا گزارش کرده اند. اثر متقابل مایکوریزا و فسفر در شکل شماره (۳۳) نمایش داده شده است. با افزایش میزان فسفر کارایی مایکوریزا آرباسکولار کاهش یافت. و در نتیجه عملکرد نیز کاهش یافته بود. احتمالاً با افزایش فسفر کارایی قارچ مایکوریزا آرباسکولار کاهش یافته است که ممکن است بدلیل اثرات منفی فسفر بر رشد قارچ مایکوریزا باشد، بدین صورت که با وجود فسفر قابل جذب در اطراف ریشه مایکوریزا دیگر تمایل به رشد فعالیت برای قابل جذب کردن فسفر نداشته و فقط از گیاه برای زندگی خود استفاده کرده و از آن مواد غذایی دریافت می‌کند، بدون آنکه به گیاه سودی برساند.

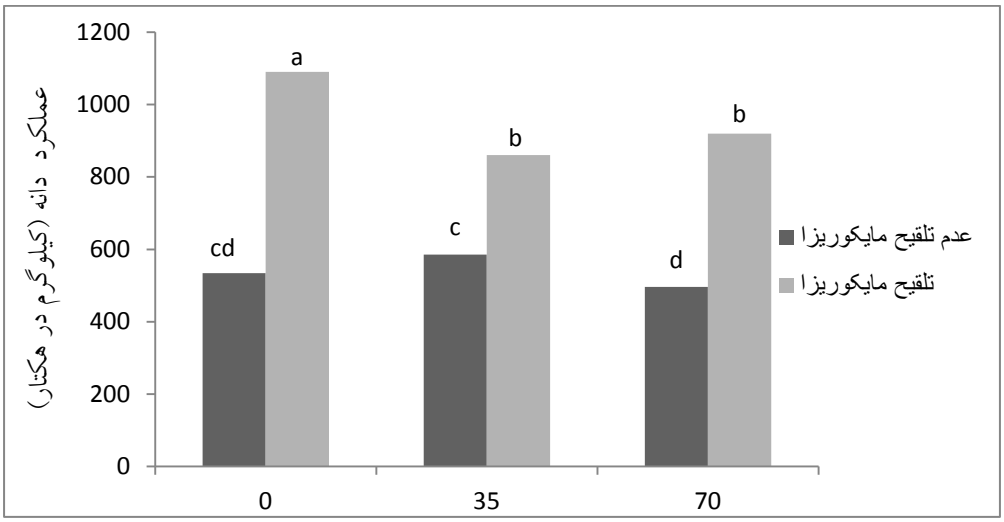
بیشترین عملکرد مربوط به تیمار تلقیح مایکوریزا و سطح ۰ کیلوگرم فسفر است که نسبت به عدم مصرف مایکوریزا و فسفر ۱۰٤/۱۱ درصد افزایش داشته است. مایکوریزا از طریق افزایش وزن هزار دانه، تعداد دانه و کاهش میزان پوکی دانه طبق، باعث افزایش عملکرد آفتابگردان در شرایط تنش خشکی و عدم تنش خشکی شدند (جمشیدی و همکاران، ۱۳۸۷).

شکل (۳٤) مربوط به اثر متقابل باکتری محرک رشد (نیتروکسین) و سطوح مختلف فسفر است در این شکل مشاهده می‌شود که در تیمارهای بدون باکتری افزایش فسفر باعث کاهش عملکرد شد اما حضور

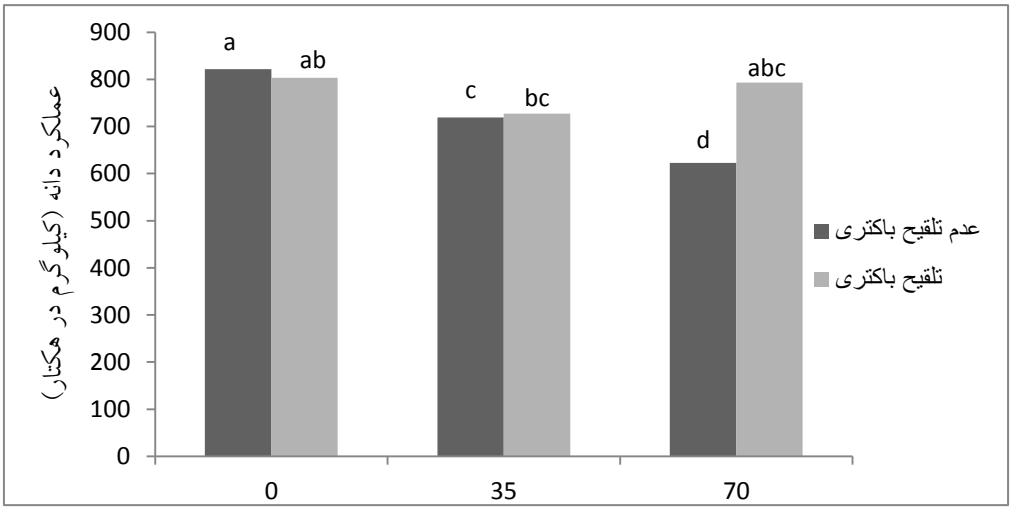
باکتری کارایی مصرف فسفر را افزایش داد، بیشترین عملکرد مربوط به تیمار عدم مصرف باکتری و فسفر بود. از آنجا که نیتروکسین شامل باکتری تثبیت کننده نیتروژن (آزسپیریلوم و ازتوباکتر) می باشد با تلقیح آنها با بذر امکان استفاده گیاهچه از نیتروژن و سایر عناصر غذایی فراهم می شود و گیاه در شرایط بهتری از عناصر غذایی رشد کرده و کارایی مصرف عناصر بالا می‌رود. آزسپیریلوم و ازتوباکتر با توان تثبیت زیستی نیتروژن، گسترش سطح ریشه، کمک به جذب بهینه آب و عناصر غذایی و تولید هورمون های رشد و برخی ویتامین ها، رشد کیفی و کمی گیاه را تقویت می کند، که نتیجه آن به صورت افزایش عملکرد نمایان می گردد. ساجدی‌نیک و همکاران (۱۳۸۹) بیان نمودند کاربرد کود بیولوژیک نیتروکسین باعث افزایش ۸/۵ درصدی عملکرد دانه کنجد نسبت به عدم استفاده نیتروکسین شد.

با توجه به جدول ۵-۷ که نمایانگر اثر سه جانبه بین باکتری محرک رشد ومایکوریزا آرباسکولار در سطوح فسفر است، بیشترین عملکرد مربوط به کرت تلقیح همزمان مایکوریزا و باکتری و سطح شاهد فسفر بوده که نسبت به عدم مصرف مایکوریزا و باکتری در همان سطح ۱۲۶/۱۱ درصد افزایش عملکرد داشته است. سطوح بالای فسفر خاک (بجز یک تیمار) دارای مقادیر کمتر عملکرد بوده‌اند. این نتایج بیانگر اثرات منفی افزایش فسفر خاک در عملکرد گیاه می‌باشد. شارما (۲۰۰۲) گزارش کرد کود های زیستی فسفاته که حاوی باکتری ها و قارچ های حل کننده فسفات هستند معمولا با اسیدی کردن خاک و با ترشح آنزیم های فسفاتاز باعث رها سازی فسفات از ترکیبات نا محلول معدنی و آلی فسفر می شوند که قابل جذب توسط گیاه هستند. 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، ۱۳۸٦). به نظر می‌رسد ترکیب میکروارگانیزم-های مفید خاک سبب ایجاد یک اثر متقابل مفید شده و عملکرد گیاه را افزایش می‌دهد.



شکل (۳۳): مقایسه میانگین سطح مختلف فسفر و مایکوریزا بر عملکرد دانه در نمونه‌برداری سوم



شکل (۳٤): مقایسه میانگین سطوح مختلف فسفر و باکتری بر عملکرد دانه در نمونه‌برداری سوم

جدول ۵-۷: مقایسه میانگین سطوح مختلف فسفر، مایکوریزا و باکتری بر عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) در نمونه‌برداری سوم

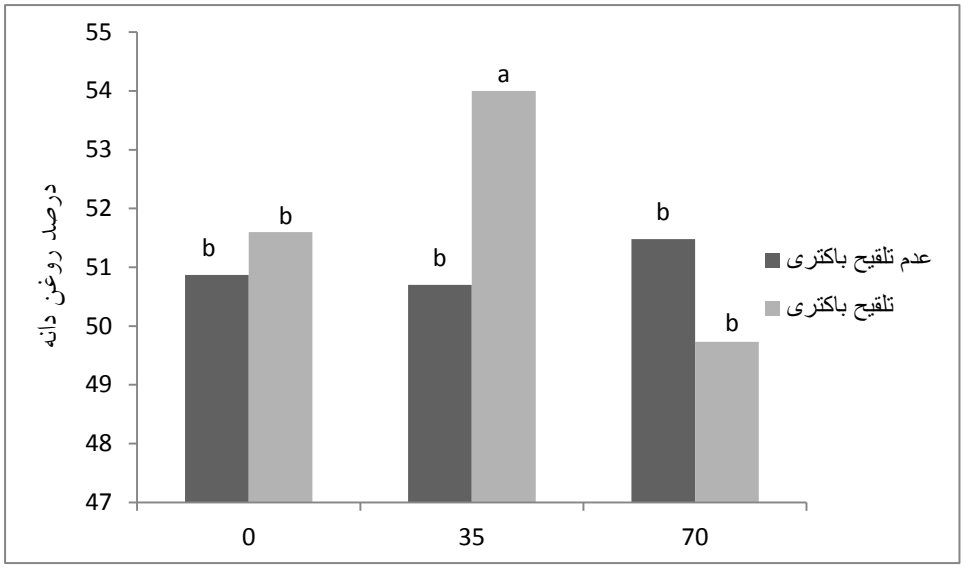
			عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
عدم تلقیح مایکوریزا	**عدم تلقیح باکتری**	سطح ۰ کیلوگرم در هکتار فسفر	۵۰۰ e
		سطح ۳۵ کیلوگرم درهکتار فسفر	۶۱۶ d
		سطح ۷۰ کیلوگرم درهکتار فسفر	۴۷۹ e
	تلقیح باکتری	سطح ۰ کیلوگرم در هکتار فسفر	de۵۶۸
		سطح ۳۵ کیلوگرم درهکتار فسفر	de۵۵۵
		سطح ۷۰ کیلوگرم در هکتار فسفر	de۵۱۳
تلقیح مایکوریزا	**عدم تلقیح باکتری**	سطح ۰ کیلوگرم در هکتار فسفر	a۱۰۳۸
		سطح ۳۵ کیلوگرم درهکتار فسفر	bc۸۲۱
		سطح ۷۰ کیلوگرم در هکتار فسفر	c۷۶۶
	تلقیح باکتری	سطح ۰ کیلوگرم در هکتار فسفر	a۱۱۴۳
		سطح ۳۵ کیلوگرم درهکتار فسفر	b۹۰۰
		سطح ۷۰ کیلوگرم در هکتار فسفر	a۱۰۷۳

۵-۲-خصوصیات کیفی

در صد روغن دانه: در بین تمامی تیمارها تنها اثر متقابل باکتری محرک رشد و فسفر در سطح احتمال ۱٪ از لحاظ آماری معنی دار شد (جدول پیوست ۸). همان طور که در شکل (۳۵) مشاهده می شود در سطح ۳۵ کیلوگرم در هکتار فسفر و تلقیح باکتری بیشترین میزان روغن دانه را با میزان ٥٤٪ بدست آمد که

نسبت به عدم مصرف باکتری و فسفر ٦/١٥ درصد افزایش داشته است. کمترین مقدار روغن در سطح فسفر ٧٠ کیلوگرم در هکتار و تلقیح باکتری است که این کاهش مربوط به اثر متقابل منفی افزایش فسفر می‌باشد. در مطالعه مالیک و همکاران (٢٠٠٣) با افزایش میزان نیتروژن درصد روغن دانه افزایش معنی-داری نشان داد. و چون باکتری محرک رشد سبب تثبیت نیتروژن شده است، سبب افزایش درصد روغن نیز شده است که نسبت به عدم مصرف باکتری و فسفر سبب افزایش ٦/١٥ درصدی روغن دانه شده است. در برخی از مطالعات افزایش عملکرد روغن در اثر مصرف کودهای بیولوژیک به همراه کود شیمیایی گزارش شد (ای وان هاباشا و همکاران، ٢٠٠٧). در دهه‌های اخیر شواهد بسیاری نشان داده است که باکتری‌های محرک رشد قادرند علاوه بر تثبیت نیتروژن، از طریق سنتز هورمون‌های گیاهی مختلف در افزایش رشد گیاهان مؤثر باشند. هورمون‌های رشد گیاهی، تنظیم کننده‌های رشد گیاهی نیز نامیده می‌شوند که در رشد و توسعه گیاه نقش دارند. هورمون‌های گیاهی مواد آلی هستند که در غلظت-های بسیار کم بر فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاهان تأثیر می‌گذارند. شش گروه عمده هورمون‌های گیاهی شامل جیبرلین‌ها، سیتوکینین‌ها، آبسزیک اسید، اتیلن، براسینواستروئیدها و اکسین‌ها می‌باشند. در بسیاری از موارد این هورمون‌های گیاهی تخصیص ذخایر گیاهی را در گیاهان تغییر داده و رشد ریشه گیاه را افزایش می‌دهند. به این ترتیب ریشه‌های بزرگتر، ریشه‌های فرعی بیشتر و در نتیجه سطح تماس بیشتری را برای جذب آب و مواد غذایی ایجاد می‌کنند (دابلائر و همکاران، ٢٠٠١). ال حباشا و همکاران (٩) گزارش کردند که در کشت کنجد پس از دو گیاه پوششی زمستانه شبدر برسیم و باقلا، کاربرد مخلوطی از کودهای شیمیایی به مقدار ٧٥ درصد میزان توصیه شده، کود دامی ٢٥ درصد میزان توصیه شده و کود بیولوژیک (شامل Azospirillum، Bacillus megatherium .Azotobacter sp و brasilense) سبب

تولید بیشترین تعداد کپسول دربوته، وزن دانه در بوته، عملکرد و اجزای عملکرد، عملکرد بیولوژیک، عملکرد روغن و پروتئین و درصد فسفر دانه کنجد شد.

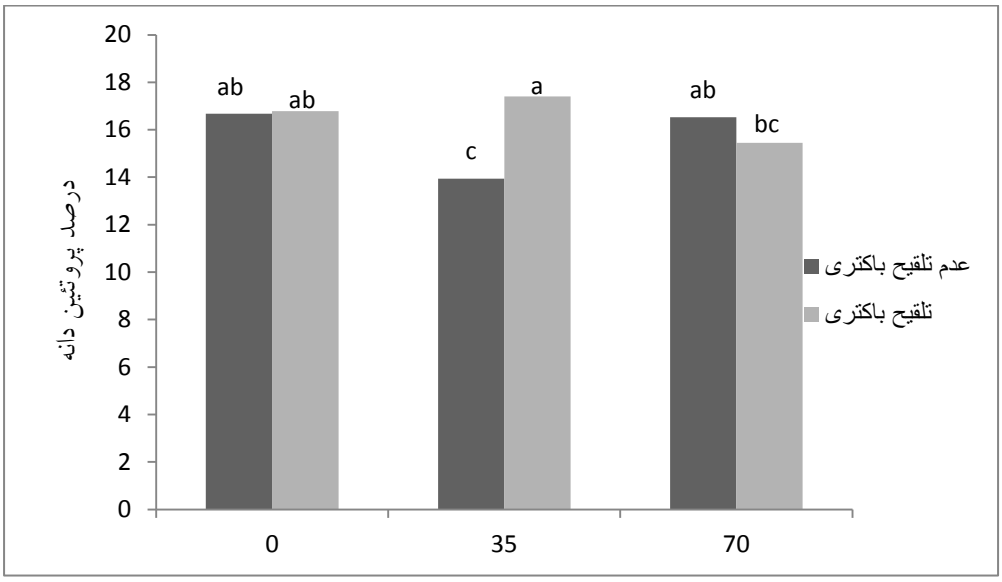


شکل (۳۵): مقایسه میانگین سطوح مختلف فسفر و باکتری بردرصد روغن دانه در نمونه‌برداری سوم

درصد پروتئین دانه: در بین تمامی تیمارها تنها اثر متقابل باکتری محرک رشد در سطوح مختلف فسفر در سطح احتمال ۱٪ از لحاظ آماری معنی دار شده بود (جدول پیوست ۸). اثر سایر تیمارها با آنکه معنی دار نشد اما نشان داد که میزان درصد پروتئین دانه هم در حضور مایکوریزا و همچنین در حضور باکتری محرک رشد به تنهایی بیشتر از عدم حضور این دو تیمار بود. با توجه به شکل (۳٦) می توان گفت که بیشترین درصد پروتئین دانه مربوط به تیمار تلقیح باکتری و سطح فسفر ۳۵ کیلو گرم در هکتار بوده که نسبت به عدم مصرف باکتری و فسفر ٤/۳۷ درصد افزایش داشت. و با افزایش فسفر از این میزان، در صد پروتئین دانه در حضور باکتری کاهش می یابد که می توان نتیجه گرفت باکتری محرک رشد تا میزان ۳۵

کیلو گرم در هکتار اثر متقابل مثبت داشت و بیشتر از این میزان فسفر سبب اثر متقابل منفی با باکتری شده است. در مطالعه پاپری مقدم‌فرد و بحرانی (۱۳۸٤) نیز با افزایش مصرف نیتروژن درصد پروتئین دانه افزایش معنی‌داری یافت. و چون باکتری محرک رشد سبب تثبیت نیتروژن شده است، سبب افزایش درصد پروتئین نیز شده است. فسفر در کلیه فرآیندهای بیوشیمیایی، ترکیبات انرژی‌زا و مکانیسم‌های انتقال انرژی دخالت دارد. افزون بر آن، فسفر جزئی از پروتئین سلول بوده وبه عنوان بخشی از پروتئین هسته، غشای سلولی و اسید نوکلوئیک نقش ویژه دارد. فسفر در گیاه عمدتاً به صورت استرهای فسفات یافت می‌شود که از ترکیب فسفر با قندها، الکل‌ها، اسیدها یا دیگر فسفات‌ها تشکیل می‌شوند(کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۸۵). به نظر می‌رسد کارایی مصرف باکتری‌های محرک رشد در تولید پروتئین دانه وابسته به میزان فسفر خاک می‌باشد که با افزایش فسفر خاک تا ۳۵ کیلوگرم افزایش و با افزایش ۷۰ کیلوگرم کاهش می‌یابد. رابطه بین درصد روغن با درصد پروتئین دانه دارای همبستگی منفی بود.

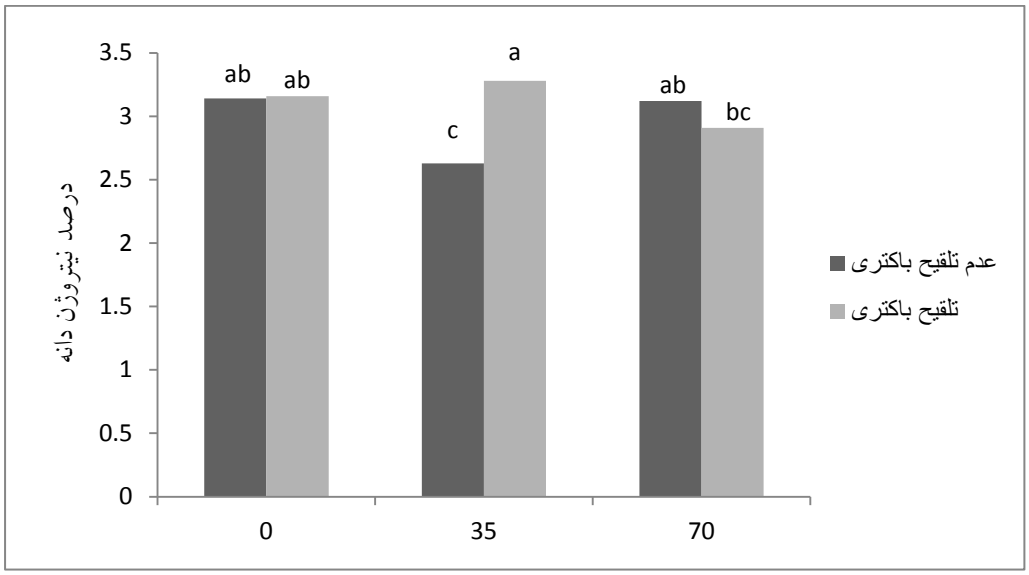
هزارجریبی (۱۳۷۷) با بررسی همبستگی ژنتیکی درصد روغن دانه با برخی صفات مهم زراعی در سویا از طریق تجزیه مسیر گزارش کرد که صفات درصد پروتئین، وزن صد دانه، تعداد روز تا شروع گلدهی، دوره پر شدن دانه و روز تا رسیدگی دارای همبستگی منفی و معنی دار و تعداد دانه در غلاف دارای همبستگی مثبت و معنی دار در سطح ۱% با درصد روغن می باشد. تجزیه علیت نشان داد که افزایش درصد روغن عمدتاً در اثر کاهش درصد پروتئین می‌باشد.



شکل (۳٦): مقایسه میانگین سطوح مختلف فسفر و باکتری بر درصد پروتئین در نمونه‌برداری سوم

درصد نیتروژن دانه: در بین تمامی تیمارها تنها اثر متقابل باکتری محرک رشد در سطوح مختلف فسفر در سطح احتمال ۱٪ از لحاظ آماری معنی دار شده بود (جدول پیوست ۸). همان طور که در شکل (۳۷) مشاهده می شود در سطح ۳۵ کیلوگرم در هکتار فسفر و تلقیح باکتری بیشترین میزان نیتروژن دانه حاصل شده که نسبت به شاهد ٤/٤٥ درصد افزایش داشت. تلقیح با آزسپیریلوم می‌تواند وزن خشک، مقدار کل نیتروژن در گیاه، عملکرد دانه و سرعت جوانه زنی بذور را افزایش دهد (پاتن و گلایک، ۱۹۹٦). چون باکتری محرک رشد سبب تثبیت نیتروژن شده است، احتمالاً می‌تواند سبب افزایش درصد نیتروژن نیز شود.

این نتایج بیانگر فواید کودهای بیولوژیک در زراعت گیاه روغنی کنجد است که می تواند در کشاورزی اکولوژیک با اهمیت باشد.



شکل (۳۷): مقایسه میانگین سطوح مختلف فسفر و باکتری بر درصد نیتروژن دانه در نمونه‌برداری سوم

۵-۲- نتیجه گیری

مصرف کود بیولوژیکی نیتروکسین بدلیل افزایش عملکرد و همچنین تأثیر بر میزان روغن و درصد پروتئین توصیه می شود. همچنین میزان کود فسفر ۵۰٪ مصرفی منطقه (۳۵ کیلو گرم در هکتار) سبب افزایش کارایی نیتروکسین شده بود. در حالی که افزایش میزان فسفر سبب کاهش کارایی کود بیولوژیک نیتروکسین شده است.

استفاده همزمان مایکوریزا آرباسکولار و باکتری محرک رشد سبب اثر متقابل مثبت بر یکدیگر شده و عملکرد را افزایش دادند. اثر متقابل مثبت مایکوریزا و باکتری محرک رشد و تلقیح همزمان این دو سبب افزایش ۱۲۶/۱۱ درصدی عملکرد نسبت به شاهد گردید. همچنین میزان کود فسفر ۵۰٪ مصرفی منطقه (۳۵ کیلو گرم در هکتار) سبب افزایش این نتایج شده بود.

با توجه به قیمت پایین باکتری محرک رشد و اثرات مفید آنها بر گیاه از لحاظ اقتصادی به‌صرفه است. قارچ مایکوریزا نیز با توجه به افزایش عملکردی که در این طرح بدست آمد مقرون و به‌صرفه است و استفاده همزمان مایکوریزا و باکتری محرک رشد افزایش عملکرد را تضمین می‌کند.

این آزمایش نشان داد که مصرف باکتری محرک رشد باعث افزایش روغن و پروتئین دانه در گیاه کنجد گردید که با ۳۵ کیلوگرم در هکتار مصرف کود فسفر به همراه باکتری بیشترین میزان روغن و پروتئین بدست آمد.

اثر سطوح بالای فسفر بر مایکوریزا آرباسکولار و باکتری اثر منفی داشته است که از اثرهای مفید آنها در گیاه در سطوح بالای فسفر کاسته شد. اما استفاده از سطوح پایین فسفر نه تنها باعث کاهش این اثرات نشد بلکه سبب تشدید اثرات مفید در گیاه شده است.

۵-۳- پیشنهادات

۱- پیشنهاد می‌شود این آزمایش در دو سال متوالی تکرار شود که نتایج دقیق‌تری بدست آید.

۲- پیشنهاد می‌شود که از گونه های متضاد قارچ و باکتری استفاده شده تا اثرات گونه های دیگر نیز مشخص گردد.

۳- اثرات متقابل کودهای بیولوژیک مزبور در انواع کودهای شیمیایی دیگر مطالعه شود.

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

۵- آزمایش به منظور مقایسه اقتصادی کاربرد کودهای بیولوژیک در زراعت کنجد انجام گردد.

تکرار۱	تکرار ۲	تکرار۳	تکرار٤
$M_1 B_1 P_1$	$M_1 B_1 P_1$	$M_1 B_1 P_1$	$M_1 B_1 P_1$
$M_1 B_1 P_2$	$M_1 B_1 P_2$	$M_1 B_1 P_2$	$M_1 B_1 P_2$
$M_1 B_1 P_3$	$M_1 B_1 P_3$	$M_1 B_1 P_3$	$M_1 B_1 P_3$
$M_1 B_2 P_1$	$M_1 B_2 P_1$	$M_1 B_2 P_1$	$M_1 B_2 P_1$
$M_1 B_2 P_2$	$M_1 B_2 P_2$	$M_1 B_2 P_2$	$M_1 B_2 P_2$
$M_1 B_2 P_3$	$M_1 B_2 P_3$	$M_1 B_2 P_3$	$M_1 B_2 P_3$
$M_2 B_1 P_1$	$M_2 B_1 P_1$	$M_2 B_1 P_1$	$M_2 B_1 P_1$
$M_2 B_1 P_2$	$M_2 B_1 P_2$	$M_2 B_1 P_2$	$M_2 B_1 P_2$
$M_2 B_1 P_3$	$M_2 B_1 P_3$	$M_2 B_1 P_3$	$M_2 B_1 P_3$
$M_2 B_2 P_1$	$M_2 B_2 P_1$	$M_2 B_2 P_1$	$M_2 B_2 P_1$
$M_2 B_2 P_2$	$M_2 B_2 P_2$	$M_2 B_2 P_2$	$M_2 B_2 P_2$
$M_2 B_2 P_3$	$M_2 B_2 P_3$	$M_2 B_2 P_3$	$M_2 B_2 P_3$

شکل پیوست ۱- نقشه کشت

(M_1عدم تلقیح مایکوریزا)، (M_2 تلقیح مایکوریزا)، (B_1 عدم تلقیح باکتری)، (B_2 تلقیح باکتری)، (P_1 سطح ۰ کیلوگرم در هکتار فسفر)، (P_2 سطح ۳۵ کیلوگرم در هکتار فسفر)، (P_3سطح ۷۵ کیلوگرم در هکتار فسفر)

شکل پیوست ۲- آماده سازی زمین زراعی (در تاریخ ۱۷ خرداد)

شکل پیوست ۳- اعمال کود فسفر (در تاریخ ۱۹ خرداد)

شکل پیوست ٤- تلقیح کود مایکوریزا و باکتری (در تاریخ ۱۸خرداد)

شکل پیوست ۵- کشت بذر تلقیح شده (در تاریخ ۱۸خرداد)

شکل پیوست ٦- سبز شدن گیاه کنجد (در تاریخ ۳ تیر)

شکل پیوست ۷- گلدهی گیاه کنجد (در تاریخ ۱۳ مرداد)

شکل پیوست ۸- تشکیل کپسول (در تاریخ ۵ شهریور)

شکل پیوست ۹- برداشت و خشک کردن گیاه کنجد (در تاریخ ۵ مهر)

جدول پیوست ۱- مشخصات شیمیایی و فیزیکی خاک مزرعه آزمایشی

آهن	منگنز	روی	مس	پتاسیم	فسفر	کربن آلی	ازت کل (درصد)	آهک	Ec (dS/m)	PH	بافت خاک	ذرات خاک (درصد)		
قابل جذب (میلی‌گرم در کیلوگرم)												رس	سیلت	شن
۵۳.۷۶	۱٤.٤۷	۱.۷۳	۵.۷۳	۲۵۲.٤٤	۵.۲٦	۱.٦۵	۰.۱۹	۲۵.۲	۱.۰۲	۷.۳۹	Si-C	٤۷	٤۲	۹

جدول پیوست ۲- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در گیاه کنجد برداشت اول

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		ارتفاع گیاه	تعداد برگ	قطر ساقه	طول ریشه
تکرار (r)	۲	۱۵۳/۳ ns	۲۳/۵۴ ns	۰/۰۹۹ ns	۳۴/۸۱ ns
مایکوریزا (M)	۱	۲۲۷/۵۵*	۵۶/۹۲*	۰/۰۲۱ ns	۰/۲۲ ns
باکتری محرک رشد(B)	۱	۱۳/۸۲ ns	۱۲/۴۳ ns	۰/۰۵۷ ns	۳/۷۶ ns
سطوح مختلف فسفر(P)	۲	۱۸/۸۷ ns	۰/۳۶ ns	۰/۰۰۲۷ ns	۶/۸۱ ns
اثر متقابل (MB)	۱	۲۱۱/۳۹**	۰/۰۶ ns	۰/۰۰۴۴ ns	۰/۲۴ ns
اثر متقابل (MP)	۲	۰/۳۸ ns	۱۶/۴۱ ns	۰/۰۰۹۹ ns	۸/۴۵ ns
اثر متقابل (BP)	۲	۱۶/۶۶ ns	۱۲/۶۱ ns	۰/۰۳ ns	۰/۳۹ ns
اثر متقابل (MBP)	۲	۳/۷۹ ns	۶/۴۸ ns	۰/۰۱ ns	۱۷/۹۷ ns
خطای کل	۲۲	۷۲/۴۵	۱۵/۷۶	۰/۰۳	۱۳/۵
ضریب تغییرات (درصد)		۷/۳۳	۹/۵۲	۱۶/۱۸	۱۰/۴۹

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

جدول پیوست ۳- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در گیاه کنجد برداشت اول

منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن خشک ساقه	وزن خشک برگ	وزن خشک ریشه	وزن خشک کل
تکرار (r)	۲	۱/۴۹ ns	۱/۵ ns	۰/۱۱ ns	۳/۹۲ ns
مایکوریزا (M)	۱	۰/۰۷ ns	۱/۷۸*	۰/۰۱ ns	۵/۸۱ ns
باکتری محرک رشد(B)	۱	۰/۲۸ ns	۱/۳۴ ns	۰/۲۶**	۲/۵۳ ns
سطوح مختلف فسفر(P)	۲	۰/۴۲ ns	۰/۲۱ ns	۰/۰۶ ns	۰/۴ ns
اثر متقابل (MB)	۱	۰/۰۲ ns	۰/۱۷ ns	۰/۰۰۰۱ ns	۰/۱۳ ns
اثر متقابل (MP)	۲	۰/۲۸ ns	۰/۱۸ ns	۰/۰۱ ns	۱/۳۳ ns
اثر متقابل (BP)	۲	۰/۳۷ ns	۰/۵۵ ns	۰/۱۰۴ ns	۴/۵۳ ns
اثر متقابل (MBP)	۲	۰/۰۷ ns	۰/۲۳ ns	۰/۰۱۱ ns	۱/۸۹ ns
خطای کل	۲۲	۰/۵۲	۰/۷۴	۰/۰۷	۲/۶۷
ضریب تغییرات (درصد)		۹/۷۵	۶/۷۲	۱۴/۵۵	۷/۸۴

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

جدول پیوست ٤- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در گیاه کنجد برداشت دوم

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		ارتفاع گیاه	تعداد برگ	قطر ساقه	طول ریشه
تکرار (r)	۲	۱۱/۲ ns	۰/۷۷ ns	۰/۴۹ ns	۷/۱ ns
مایکوریزا (M)	۱	۱۶۳/۴۱**	۱۷۳/۳۶**	۰/۱۱ ns	۵۷/۱۲**
باکتری محرک رشد(B)	۱	۳۷۹/۶**	۲۳/۳۶**	۱/۰۶ ns	۴/۳۸ ns
سطوح مختلف فسفر(P)	۲	۱۰/۸۵ ns	۰/۱۹ ns	۴/۰۸*	۰/۳۴ ns
اثر متقابل (MB)	۱	۱۱۴/۱۳**	۱۷/۳۶*	۵/۱۸*	۱۱/۷**
اثر متقابل (MP)	۲	۶/۸۴ ns	۳/۶۹ ns	۰/۰۲ ns	۰/۴۸ ns
اثر متقابل (BP)	۲	۵/۷۳ ns	۱/۳۶ ns	۱/۶۹ ns	۱/۲۴ ns
اثر متقابل (MBP)	۲	۱۱/۷۱ ns	۲/۱۹ ns	۰/۲۱ ns	۵/۳۷*
خطای کل	۲۲	۵۷/۶۸	۱۷/۷۳	۰/۹۷	۷/۸۷
ضریب تغییرات (درصد)		۸/۴۶	۹/۴۱	۱۳/۹۶	۷/۵۵

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

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

منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن خشک ساقه	وزن خشک برگ	وزن خشک ریشه	وزن خشک کل
تکرار (r)	۲	۰/۰۱۱ ns	۰/۳۴ ns	۰/۰۰۴ ns	۰/۴ ns
مایکوریزا (M)	۱	۱/۵۹**	۱۶/۵۳**	۳/۳۱**	۵۰/۴۸**
باکتری محرک رشد(B)	۱	۰/۵۶**	۰/۰۰۸ ns	۱/۰۸**	۳/۰۴**
سطوح مختلف فسفر(P)	۲	۰/۰۰۶ ns	۰/۰۰۶ ns	۰/۰۱ ns	۰/۰۳ ns
اثر متقابل (MB)	۱	۰/۰۳۲ ns	۰/۷۸*	۰/۰۰۵۸ ns	۰/۳۴ ns
اثر متقابل (MP)	۲	۰/۰۰۹۷ ns	۰/۰۳ ns	۰/۰۱ ns	۰/۰۰۵۶ ns
اثر متقابل (BP)	۲	۰/۰۰۹۸ ns	۰/۲۷ ns	۰/۰۰۶ ns	۰/۲۰۱ ns
اثر متقابل (MBP)	۲	۰/۰۰۲۳ ns	۰/۲۵ ns	۰/۰۱۳ ns	۰/۳۹۶ ns
خطای کل	۲۲	۰/۱۷	۱/۴۷	۰/۳۴	¾
ضریب تغییرات (درصد)		۸/۲۳	۱۲/۱۴	۵/۵۱	۶/۶

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

جدول پیوست ٦- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در گیاه کنجد برداشت سوم

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		ارتفاع گیاه	تعداد برگ	قطر ساقه	طول ریشه	وزن خشک ساقه
تکرار (r)	٢	٢٦٩/٨٨ ns	٣٠/٥٢ ns	٠/٠٠٣ ns	١٦/٣٤ ns	٢/١٦ ns
مایکوریزا (M)	١	٤٢٠/٢٥**	٤٢/٢٥*	٠/٠١٧ ns	٢٨/٩٨*	٢٥٤/٤٥**
باکتری محرک رشد(B)	١	٤٤٩/٤٤**	٢٣٠/٠٢**	٠/٠٥٤**	٤٢/٠٣*	٢٣/١٨**
سطوح مختلف فسفر(P)	٢	١١١/٩٨ ns	٦٣/٨٦**	٠/٠٠٣٦ ns	٩/٨٨ ns	١٥/٥٤**
اثر متقابل (MB)	١	٦٤ ns	١٤/٦٩ ns	٠/٠٠٤٤ ns	٩٥/٧١**	٠/٦١ ns
اثر متقابل (MP)	٢	٤٠/٧٦ ns	٤٣/٥٨**	٠/٠١ ns	٢/٦٦ ns	٣/٠٦ ns
اثر متقابل (BP)	٢	١٤٩/٩٤**	٤٦/٥٢**	٠/٠٠٣٦ ns	٢/٣٦ ns	٤/٤٤ ns
اثر متقابل (MBP)	٢	٢٠/٢٨ ns	٤٥/٠٢**	٠/٠٠٤٤ ns	٤/٧٦ ns	١٠/١٦**
خطای کل	٢٢	١٦٣/٠٣	٥٧/٣٨	٠/٠٠٩٨	١٨/٣٦	٢٦/٨٤
ضریب تغییرات (درصد)		٤/٨	٦/١٢	١١/٠٦	١٧/٣٤	٩/٤٦

ns، * و ** به ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌دار بودن و معنی‌دار بودن در سطح ٥ و ١ درصد می‌باشد.

جدول پیوست ۷- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در گیاه کنجد برداشت سوم

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		وزن خشک برگ	وزن خشک ریشه	تعداد کپسول	وزن خشک کپسول	وزن خشک کل
تکرار (r)	۲	۰/۲۰٤ ns	۰/۰۳۷ ns	۲/۵۸ ns	۲/۰۸۷ ns	۵/۵۸ ns
مایکوریزا (M)	۱	۱/۳۸٤ ns	۱۱/۰۵**	۷۲۹**	۷۷/۲٦**	۸٤۱/۱۹**
باکتری محرک رشد(B)	۱	۰/۳۱۷ ns	۵/٦۷**	۹ ns	٤۲/۵۱**	۱۹۷/۱۲**
سطوح مختلف فسفر(P)	۲	۳/۳۱۸**	۰/۲٤ ns	۲۸/۵۳ ns	۵۱/۱٦**	۸٦/۹۹**
اثر متقابل (MB)	۱	٦۱/۵۷**	۰/۰۳۵ ns	٤۰/۱۱ ns	۲۸/۳**	۱٤۲/۹٦**
اثر متقابل (MP)	۲	۰/۵۲ ns	۰/۵۵ ns	٤۲/۷۵ ns	۱۱/۷۱**	۱۳/۸۱ ns
اثر متقابل (BP)	۲	۸/۱٤**	۰/۰۸٦ ns	۱۲۱/۷۵**	۸۳/٦۵**	۲۰۸/۷٤**
اثر متقابل (MBP)	۲	۱/٤٤ ns	۰/۰۲۱ ns	۱٤۱/۳٦**	۸/۲*	۲۷/۲۳**
خطای کل	۲۲	٦/۹٦	۱/٤۳	۱۱۱/۷	۳۵/۵۱	۱٤۳/۵٤
ضریب تغییرات (درصد)		۸/۹۲	۱۱/٦۲	۱۱/٦۵	۱۲/٤٤	٦/۲٤

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

جدول پیوست ۸- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در گیاه کنجد برداشت سوم

منابع تغییرات	درجه آزادی	وزن هزار	عملکرد	درصد روغن	درصد پروتئین	درصد نیتروژن
تکرار (r)	۲	۲/٦٤ ns	٤٥٤٤/٧٥ ns	۳/۹٦ ns	۱٥/۸۳ ns	۰/٥٦ ns
مایکوریزا (M)	۱	۲/٦۸ ns	۱٥۷۲۹۳٤**	۸/۱۹ ns	۱/٤۸ ns	۰/۰٥۲ ns
باکتری محرک رشد(B)	۱	۲/۷۱ ns	۲٥۷٦۰*	٥/۱۹ ns	٦/۱۱ ns	۰/۲۱۷ ns
سطوح مختلف فسفر(P)	۲	۲/۷۷ ns	۳۸۰۸۳**	۹/۳۹ ns	۳/٥۲ ns	۰/۱۲٥ ns
اثر متقابل (MB)	۱	۲/٦۹ ns	۱٤٥۲۰ ns	۰/۰۰۱ ns	۰/۰۰٥ ns	۰/۰۰۰۱ ns
اثر متقابل (MP)	۲	۲/۷۱ ns	٥۹٤۲۰**	۱/۲٤ ns	۲/۰۱ ns	۰/۰۷۱ ns
اثر متقابل (BP)	۲	۲/۹۳ ns	۳۱۱٥۸**	۱۹/۱٤**	۱٦/٦۳**	۰/٥۹**
اثر متقابل (MBP)	۲	۲/۹٥ ns	۳۹٤۳۳**	٤/۰۸ ns	٤/٥ ns	۰/۱٦ ns
خطای کل	۲۲	۸/٥٤	۱٥۰٦٥۳	٦/۸٥	۷/۱۲	۰/۲٥
ضریب تغییرات (درصد)	٦/۳۲		۹/۰٤	۳/۲٤	۹/٥۹	۹/٥۸

ns، * و ** به ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌دار بودن و معنی‌دار بودن در سطح ٥ و ۱ درصد می‌باشد.

منابع

- احمدی، م، ر. ۱۳۸۷. کیفیت و کاربرد دانه‌های روغنی (ترجمه). نشر آموزش کشاورزی. ۱۱۳ 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 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. ۹٤ صفحه.

- 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 ٤٠.

- اکبری، پ. قلاوند، ا و س، ع، م، مدرس‌ثانوی. ۱۳۸۸. اثرات سیستم‌های مختلف تغذیه و باکتری‌های افزاینده رشد (PGPR) بر فنولوژی، عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. جلد ۲. شماره ۳. صفحات ۱۳٤-۱۱۹.

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

- امیدی، ح. نقدی‌بادی، ح، ع. گلزاد، ع. ترابی، ح و م، ح، فتوکیان. ۱۳۸۸. تأثیر کودهای شیمیایی و زیستی نیتروژن بر عملکرد کمی و کیفی زعفران (*Crocus sativus* L.). فصل‌نامه گیاهان دارویی. صفحات ۱۰۹-۹۸.

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

- پاپری مقدم‌فرد، ا و م، ج، بحرانی. ۱۳۸٤. تأثیر کاربرد نیتروژن و تراکم بوته بر برخی ویژگی‌های زراعی کنجد. مجله علوم کشاورزی ایران. جلد ۳٦. صفحات ۱۳۵-۱۲۹.

- پورصالح، ۱۳۷٤. گیاهان اقتصادی جهان (ترجمه). انتشارات مؤسسه اصلاح بذر و تهیه نهال کرج. ۱۳۸ صفحه.

- حسن رضایی، ل. ۱۳۸۲. اثر همزیستی سه گانه مایکوریزا، ریزوبیوم و لگوم در افزایش جذب عناصر غذایی و مقاومت به خشکی در گیاه یونجه تحت تنش رطوبتی. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم تحقیقات، تهران، ایران.

- حمیدی، آ. اصغرزاده، ا. چوکان، ر. دهقان، ش، م. قلاوند. ا و م، ج، ملکوتی. ۱۳۸٦. بررسی کاربرد کودهای ریزوباکتریایی افزاینده رشد گیاه (PGPR) در ذرت با نهاده کافی. جلد ٤. شماره ٤. صفحات ۱۹-۱.

- 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 ٤۲). صفحات ۱۵۰-۱۳٦.

- جهان، م. ک.چکی، ع، ر و م، ن، محلاتی. ۱۳۸٦. 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 ٦۷-۵۳.

- 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 ٤۳.

- خادمی، ز. ۱۳۷۷. بررسی تأثیر زمان مصرف و تقسیط کود ازته بر عملکرد و درصد پروتئین گندم. نشریه علوم پژوهشی خاک و آب. جلد ۱۲. شماره ۵. صفحات ۱۸-۹.

- خاوازی، ک. اسدی رحمانی، ه و م، ج، ملکوتی. ۱۳۸٤. ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور (مجموعه مقالات مؤسسه آب و خاک). ٤٦۰ صفحه.

- خواجه‌پور، م، ر. ۱۳۸٤. گیاهان صنعتی. جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان. ٥٦٤ صفحه.

- خرم‌دل، س. کوچکی، ع، ر. نصیری محلاتی، م و ر، قربانی. ۱۳۸۷. اثر کودهای بیولوژیک بر شاخص-های رشدی ساهدانه (*Nigella sativa* L.)مجله پژوهش‌های زراعی ایران. جلد ٦. شماره ۲. صفحات ۲۹٤-۲۸۵.

- دینی ترکمانی، م. ر و ژ، کاراپتیان. ۱۳۸٦. بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مهم دانه در ده رقم کنجد (*Sesamum indicum* L.). مجله زیست‌شناسی ایران. جلد ۲۰. شماره ٤. صفحات ۳۳۲-۳۲۷.

- رستگار، م، ع. ۱۳۸۵. زراعت گیاهان صنعتی. انتشارات برهمند. ٤٦۹ صفحه.

- 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 ٤۹.

- رجالی، ف. ۱۳۸۲. تهیه مایه تلقیح قارچ‌های مایکوریزا آرباسکولار به روش درون شیشه‌ای و بررسی اثر آن در افزایش جذب عناصر غذایی در گیاه گندم با تنش خشکی. پایان‌نامه دکتری دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

- روستا، م.ج.، صالح راستین، ن. و مظاهری اسدی، م. ۱۳۷۷. بررسی و فعالیت آزوسپیریلوم لیپوفروم در برخی از خاک‌های ایران. مجله علوم کشاورزی ایران. ۲۹: ۲۸۵-۲۹۸.

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

- ساجدی نیک، ر. یدوی، ع، ر و ح، ر، بلوچی. ۱۳۸۹. تأثیر نیتروژن، ورمی کمپوست و کود بیولوژیک نیتروکسین بر عملکرد و اجزای عملکرد کنجد. یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. جلد اول: به زراعی (خلاصه مقالات). دانشگاه شهید بهشتی تهران. پژوهشکده علوم محیطی. صفحه ۲۹.

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

- شریعت، ص و م، فریبرز. ۱۳۷۰. گیاهان دارویی طبیعی (مفردات پزشکی). انتشارات روزبهان. ۲۲۸ 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 ١٦، شماره ۲، ص ۱۷۲ تا ۱۹۱، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر. تهران، ایران.

- عرشی، ی. ۱۳۵۷. گیاهان روغنی. انتشارات دانشگاه تهران. ١٢٤ صفحه.

- عرشی، ی. ١٣٧٤. ملاحضاتی در مسائل فیزیولوژی و به زراعی آفتابگردان، شرکت سهامی توسعه کشت دانه‌های روغنی. ٨٤ صفحه.

- علی اصغرزاده، ن. ۱۳۷۹. بررسی واکنش و تراکم جمعیت قارچ‌های مایکوریزا آرباسکولار در خاک-های شور دشت تبریز و تعیین اثرات تلقیح آنها در بهبود و تحمل پیاز و جو به تنش شوری، پایان نامه دکتری دانشگاه تهران، تهران، ایران.

- 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.

- 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.

- قربانی نصرآبادی، ر. صالح راستین، ر و ح، ع، علیخانی. ۱۳۸۱. بررسی تأثیر مصرف گوگرد با مایه تلقیح تیوباسیلوس و برادی ریزوبیوم بر تثبیت نیتروژن و شاخص‌های رشد سویا. مجله علوم خاک و آب. جلد ١٦. شماره ۲. صفحات ۱۷۸-۱۷۰.

- کافی، م. زند، ا.، کامکار، ب.، شریفی، ح. ر.، گلدانی، م. ۱۳۷۹. فیزیولوژی گیاهی. (تألیف: تایزوزایگر). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. جلد دوم. ۳۷۹ ص.

- کوچکی، ع و م. بنایان اول. ۱۳۷٦. زراعت حبوبات. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. چاپ ششم. ۲۳٦ صفحه.

- کوچکی، ع و غ سرمدنیا،. ۱۳۸۵. فیزیولوژی گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.٤۲۳ ص.

- کوچکی، ع. و غ.ح سرمدنیا،. ۱۳۸۲. فیزیولوژی گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

- 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 ٦. شماره ۱. صفحات ۱۳۷-۱۲۷.

- کریمی، ه. ۱۳۷۵. گیاهان زراعی. انتشارات دانشگاه تهران. ۲۵۲ صفحه.

- مرشدی، ع. ر. ۱۳۸۲. مروری بر تولید و مصرف جهانی کود. مجله نهاده، شماره ۷، ص ۲۲ تا ۲٦.

- ملکوتی، م. ج. ۱۳۸۷. کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه سازی مصرف کود در ایران. نشر آموزش کشاورزی. ٤٦٠ ص.

- 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 ١٦٥-١٤٩.

- 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.

- ناصری، ر. سیادت، س، ع، ا. میرزایی، ا و ع، سلیمانی فرد. ۱۳۸ اثر باکتری‌های ازتوباکتر و آزسپریلیوم در کاهش مصرف کود نیتروژن در گلرنگ. همایش ملی دستاوردهای نوین در تولید گیاهان با منشأ روغنی (خلاصه مقالات). دانشگاه آزاد اسلامی واحد بجنورد. صفحه ۱۵۷.

- نجاری‌صادقی، م. میرشکاری، ب و س، باصر کوچه‌باغ. ۱۳۸۹. اثر تلقیح بذر با کود زیستی نیتروژنه بر صفات مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد کلزا. همایش ملی دستاوردهای نوین در تولید گیاهان با منشأ روغنی (خلاصه مقالات). دانشگاه آزاد اسلامی واحد بجنورد. صفحه ١٦٢.

- هزارجریبی، ا . ۱۳۷۷ . بررسی همبستگی ژنتیکی درصد روغن دانه با برخی صفات مهم زراعی در سویا از طریق تجزیه مسیر . پایان نامهکارشناسی ارشد اصلاح نباتات دانشگاه تهران.

- 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.

- Aguilera-gomez, L., Davies, F. T., Olalde-Portugal, V., Duray, S. A. and Phavaphutanon, L. 1999. Influence of phosphorus and endomycorrhiza (*Glomus intraradices*) on gas exchange and plant growth of chile ancho pepper (*Capsicum annuum L. cv. San Luis*). Photosynthetica. 36: 441-449.

- Aldon. E. F. 1975. Endomycorrhizae enhance survival and growth of fourwing saltbush on coal mine spoils. United States Dept. of Agriculture Forest service research note Pacific Southwest, RM- 294, 2p.

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

- Al-karaki, G. N. and Alcraddad, A. 1997. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress on growth an nutrient uptake of two wheat genotypes differing in drought resistance. Mycorrhiza. 7: 83-88.

- Al-karaki, G. N. and Hammad, R. 2001. Mycorrhizal influence on fruit yield and mineral content of tomato grown under salt stress. Journal of Plant Nutrition 24, 1311-1323.

- 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: 0521335531

- Alvarez, M.I., Sueldo, R.J. and Barassi, C.A. 1996. Effect of *Azospirillum* on coleoptile growth in wheat seedling under water stress. Cer. Res. Commun. 24: 101-107.

- Ames, R. N., Reid, C. P. P., Proter, L. K. and Cambardella, C. 1983. Hayphal uptake and transport of nitrogen from two N^{15} labelled sources by *Glomus mosseae*, a vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus. New Phytol. 95: 381-396.

- Asghari, H. A., Marschner, P., Smith, S. E. and Smith, F.A. 2005. Growth response of *Atriplex nummularia* to mycorrhizal inoculation at different salinity levels. Plant and Soil, 273: 245- 256.

- Azcon- Aguilar, C. and Barea, J. M. 1985. Effect of soil micro- organisms on formation of vesicular- arbuscular mycorrhizas. Trans Br. Mycol. Soc. 84: 536- 537.

- 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.

- Bagyaraj, D. J and Menge, J. A. 1978. Interactions between a VA mycorrhiza and Azotobacter and their effects on rhizosphere micro flora and plant growth. New Phytol. 80: 567-573.

- 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.

- Barazani, O. and Friedman, J. 1999. Is IAA the major root growth factor secreted from plant- growth- mediating bacteria? J. Chem. Eco. 25: 2397-2406.

- Barea, J. M., Andrade, G., Bianciotto, V. V., Dowling, D., Lohrke, S., Bonfante, P., O'Gara, F. and Azcon- Aguilar, C. 1998. Impact on Arbuscular mycorrhiza formation of *pseudomonas* strains used as inoculants for biocontrol of soilborne fungal plant pathogens. Appl Environal Microbiol. 64: 2304-2307.

- Barea, J. M., Azcon, R., Azcon- aguilar, C. 1992. Vesicular- arbuscular mycorrhizal fungi in nitrogen- fixing systems. In: Norris JR, Read DJ, Varma Ak (eds) Methods in microbiology. Academic Press, London, pp. 391-416.

- Barea, J. M., Azcon- aguilar, C. and Azcon, R. 1997. Interaction between mycorrhizal fungi and rhizosphere microorganisms within the context of sustainable soil-plant system. In: Gange AC, Brown VK (eds) Multitrophic interaction in treestrial system. Blackwell Science, Oxford, pp. 65-77.

- 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.

- Barea, J. M., Pozo, M. J., Azcon, R., Azcon- aguilar, C. 2005. Microbial co-operation in the rhizosphere. Journal of Experimental Botany, 56: 1761-1778.

- Bartschi, H., Gianinazzi-Pearson, V. and Vegh, I. 1981. Vesicular-arbuscular mycorrhizae formation and root rot disease (*Phytophthora cinnamomi*) development in *Chamaecyparis lawsoniana.* Phytopathol, Z. 102: 2013-218.

- Bashan, Y. and Holguin, G. 1997. *Azospirillum*-plant relationships: environmental and physiological advanes (1990-1996). Can. J. Microbiol. 43: 103-121.

- Bashan, Y., and Holguin, G. and de-Bashan, L. 2004. *Azosoirillum*- plant relationships: physiological, molecular, agricultural, and environmental advances (1997-2003). Can. J. Microbiol. 50: 521-577.

- Bashan, Y. and Levanony, H. 1990. Current status of *Azospirillum* inoculation technology: *Azospirillum* as a challenge for agriculture. Can. J. Microbiol. 36: 591-603.

- Bashan, Y. and Levanony, H. 1989. Factors affecting adsorption of *Azospirillum brasilense* to root hairs as compared with root surface of wheat. Can. J. Microbiol. 35: 936-944.

- Bashan, Y. and Levanony, H. and Whitmoyer, R. E. 1991. Root surface colonization of non-cereal crop plants by pleomorphic *Azospirillum brasilense* Cd. J. Gen. Microbial. 137: 187-196.

- Bazin, M. J., Markham, P. Scot, E. M. and Lynch, J. M. 1990. Population dynamics and rhizosphere interactions. P. 99-127. In M. Lynch (ed). The rhizosphere. John Wiley and Sons, New York.

- Belimov, A. A., Safronova, V. I. and Mimura, T. 2002. Response of spring rape (*Brassica napus var . oleifera L.*) to inoculation with plant growth promoting rhizobacteria containing 1- aminocyclopropane- 1- carboxylate deaminase depends on nutrient status of the plant. Can. J. Microbiol. 48: 189-199.

- Bennet, M., Thiagalingam, M. R. K and D. F., Beech. 1996. Effect of nitrogen application on growth. Leaf nitrogen content, seed yield and yield components of sesame. Sesame an Safflower Newsletter. 11: 21-28.

- 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.

- Bethlenfalavy, G. J., Brown, M. S. and Newton, W. E. 1987. Photosynthetic water and drought on host and endophyte development in mycorrhizal soybeans relation to water use and phosphate uptake. Physiol. Plant. 72:565-571.

- Bethlenfalavy, G. J., Brown, M. S. and Newton, W. E. 1987. Photosynthetic water and nutrient use efficiency in a mycorrhizal legume. P. 231-233. In mycorrhizal soybeans relation to water use and phosphate uptake. Physiol. Plant. 72: 565-571.

- Bethlenfalavy, G. J., Brown, M. S. and Newton, W. E. 1987. Photosynthetic water and nutrient use efficiency in a mycorrhizal legume. P. 231-233. In mycorrhizae in the next

decade. Practical applications and research priorities. Proc. 7th North Am. Conf. on mycorrhizae. Gainesville, FL. 3-8 May 1987. Inst. Food and agric. Sci., Univ. of Florida, Gainesville, FL.

- Bethlenfalavy, G J., Franson, R. L., Brown, M. S. and Mibara, K. L. 1989. The *Glycne-Glomus- Bradyrhizobium* symbiosis, IX: Nutritional, morphological and physiological responses of nodulated soybean to geopgraphic isolates of the mycorrhizal fungus, *Glomus mosseae*. Physilogia Plantarum. 76: 226-232.

- Bethlenfalavy, G. J. and Linderman, R. G. 1992. Mycorrhizae in sustainable agriculture. American Society of Agronomy , Special Publication, No. 54. Madison, Wis. 124p.

- Bethlenfalavy G. J., Reyes-Soils, M. G. Camel, S. B. and Ferrera-Cerrato, R. 1991. Nutrient transfer between the root zones of soybean and maize plants connected by a common mycorrhizal inoculum. Physiol. Plant. 82: 423-432.

- Bianciotto, V. and Bonfante, P. 2002. Arbuscular mycorrhizal fungi: a specialized niche for rhizospheric and endocellular bacteria. Antonie van Leeuwenhoek 81: 365-371.

- Binns, A. N. 1994. Biochemical, genetic, and molecular approaches. AAnu. Rev. Plant. Physiol. Plant. Mol. Biol. 45: 173-196.

- 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.

- Bolandnazar, S., Aliasgarzad, N., Neishabury, M.R. and Chaparzadeh, N. 2007. Mycorrhizal colonization improves onion (*Allium cepa l.*) yield and water use efficiency under water deficiet condition. *Scientia Horticultureae*, 114:11-15..

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

- Brar, G. S. 1982. Variations and correlations in oil content and fatty acid composition of sesame. Indian Journal Agriculture sciences. 52: 27-30.

- Brundrett, M. C. and Abbott, L. K. 2002. Arbuscular mycorrhizae in plant communities. In: Microorganisms in Plant Conservation and Biodiversity. Sivasithamparam, K., Dixon, K. W. and Barrett, R. L. (Eds.). Kluwer Academic Press. ISBN: 1402007809. Pp. 151-193.

- Cantrell, I. C. and Linderman, R. G. 2001. Preinoculation of lettuce and onion with V A mycorrhizal fungi reduces deleterious effects of soil salinity. Plant and Soil 233: 269-281.

- Capper, A. L. and Campbell, R. 1986. The effect of artificially inoculated antagonistic bacteria on the prevalence of take-all disease of wheat in field experiment. J. Apple. Bacteriol. 60: 155-160.

- Cardoso, I. and Kuyper, M. T. W. 2006. Mycorrhizal and tropical soil fertility, Aric. Ecosys. Environ. 116: 72-84.

- Casanovas, E. M., Barassi, C. A. and Sueldo, R. J. 2002. Azospirillum inoculation mitigates water stress effects in maize seedilings. Cer. Res. Commun. 30: 343-350.

- Chabot, R., Beauchamp, C. J., Kloepper, J. W. and Beauchamp, C. J. 1996. Root colonization of maize and lettuce by bioluminescent *Rhizobium leguminisarum* biovar phaseoli. Appl. Envir. Microbiol. 2: 2767-2772.

- Chabot, R., Beauchamp, C. J., Kloepper, J. W. and Antoun, H. 1998. Effect of Phosphorus on root colonization and growth promotion of maize by solubilizing *Rhizobium leguminisarum* biovar phaseoli. Soil. Biol. Biochem. 30: 1615-1618.

- Chaudhry, A. U and M., Sarwar. 1999. Optimization of nitrogen fertilizer in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). Pakistan Journal of Biological Science. 2: 242-243.

- Clark, R. B. and Zeta, S. K. 1996. Mineral acquisition by mycorrhizal maize grown on acid and alkaline soil. Soil Biology and Biochemistry. 28: 1405-1503.

- 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.

- Cowan, A. K. 1989. Evaluating the role abascisic acid in drought tolerance in plants: A review. S. Afr. J. Sci. 85: 559-562.

- Creus, C. M., Sueldo, R. J. and Barassi, C. A. 1997. Shoot growth and water status in azospirillum-inoculated wheat seedlings grown under osmotic and salt streses. Plant. Physiol. Biochem. 35: 939-944.

- 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.

- Daft, M. J., 1983. The influence of mixed inocula on endomycorrhizal development. Plant and Soil. 71: 331-337.

- Dalla Sanata, O. R., Hernandez, R. F., Alvarez, G. L. M., Junior, P. R. and Soccol, C. R. 2004. *Azospirillum sp.*Inoculation in Wheat, Barley and Oats Seeds Greenhouse Experiments. Bra. Arch. Biol. Tech. 47(6): 843-850.

- Daniels, B. A. and Trappe, J. M. 1980. Factors affecting spore germination of the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus, *Glomus epigaeus*. Mycologia. 72: 457-471.

- Dannenberg, G., Latus, C., Zimmer, W., Hundeshagen, B., Schneider-Poetsc, H. Hj. And Bothe, H. 1992. Influence of vesicular-arbuscular mycorrhiza on phytohormone balances in maize (*Zea mays L.*). Journal of Plant Physiology, 141: 33-39.

- Davies, F. T., Potter, J. R. and Linderman, R. G. 1992. Drought resistance of mycorrhizal pepper plants independent of leaf. P-concentration response in gas exchange and water relations. Physilogica Plantarum. 87: 45-53.

- Davies, P. J. 1995. The plant hormones: their nature, occurrence, and function. In: Plant Hormones: Physiology, Biology, Biology, 2nd ed., pp. 1-12, Davies, P. J., Ed, Kluwer Academic Press, Drodrecht, The Netherlands.

- Davis, R. M. 1980. Influence of *Glomus fasciculatus* on *Thielaviopsis basicola* root of citrus Plant Dis. 64: 839-840.

- Defreitas, J. R., Banerjee, M. R. and Germida, J. J. 1997. Phosphate solubilizing rhizobacteria enhance the growth and yield but not phosphorus uptake of canola (*Brassica napus L.*). Biol. Fertil. Soils. 24: 358-364.

- Dobbelaere, S., Croonenborgh, A. and Thys, A. 2001. Responses of agronomically important crops to inclusion with *Azospirillum.* Aus. J. Plant physiol.28: 871-879.

- Dodd, J.C., Arias, I., Koomen, K. and Hayman, D.S. 1990. The management of populations of vesicular- arbuscular mycorrhizal fungi in acid-infertile soils of a savanna ecosystem. Plant and Soil. 122: 229-240.

- Dodd, J.C., Burton, C.C., Burns, R.G. and Jeffries, P. 1987. Phosohatase activity associated with the roots and the rhizosphere of plants infected with vesicular arbuscular mycorrhizal fungi. New phytol. 107:163-172.

- Dodd, J. 2000. The role of arbuscular mycorrhizal fungi in agro-natural ecosystems. Outlook on Agrio. 29(1):63-70.

-Douds, D.D. Jr. and Millner, P.D. 1999. Biodiversity of arbuscular mycorrhizal fungi in agroecosystems. Agriculture, Ecosystems and Environment. 74:77-93.

- Duan, X., Neuman, D.S., Reiber, J.M., Green, D.c., Saxton, A.M. and Auge, R.M. 1996. Mycorrhizal influene on hydraulic and hormonal factors implicated in the control of stomatal conductance during drought. J. EXP. Bot, 47: 1541-1550.

- Dueck, T. A., Visser, P. Ernest, W. H. O. and Schat, H. 1986. Vesicular-arbuscular maycorrhizae decrease zinc toxicity to grasses in zinc- polluted soil. Soil Boil. Biochem, 18: 331-333.

- El-Habbasha, S. F., Abd E1 Salam, M. S and M. O., Kabesh. 2007. Response of two sesame varieties (*Sesamum indicum* L.) to partial replacement of chemical fertilizers by

bio-organic fertilizers. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences. 3 (6): 567-571.

- 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.

- Ellis, J.R., Larsen, H.J. and Boosalis, M.G. 1985. Drought resistance of wheat plants inoculated with vesicular-arbuscular mycorrhizae. Plant and Soil. 86:369-378.

- Faber, B. A., Zasoski, R. J., Munns, D. A. and Shachei, K. 1991. A method of measuring hyphal nutrient and water uptake in mycorrhizal plants. Can. J. Bot, 69: 87-94.

- Fallik, E. and Okon, Y. 1996. The response of maize (*Zea mays)* to Azospirillum inoculation in various types of soils in the field. World J. Microb. Biot. 12:511-515.

- Fallik, E., Okon, Y., Epstein, E. Goldman, A. and Fischer, M. 1989. Identification and quantification of IAA and IBA in *Azospirillum brasilense* inoculated maize roots. Soil. Biol. Biochem. 21: 147-153.

- FAO, 2005. FAOSTAT data 2004. http/www. FAOSTAT. Org.

- Fischer, S.E., Miguel. M.J. and Mori, G.B. 2003. Effect of root exudates on the exopolysaccharide composition and the lipopolysaccharide profile of *Azospirillum brasilense* under saline stress. FEMS. Microbiol. Lett. 219: 53-62.

- Feng, G., Zhang, F. s., Li, X. L., Tian, Y., Tang, C. and Rengel, Z. 2002. Improved tolerance of maize plants to salt stress by arbuscular mycorrhiza is related to higher accumulation of soluble sugrs in roots. Mycorrhiza. 12: 185-190.

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

- Fitter, A.H. 1985. Functioning of vesicular- arbuscular mycorrhizas under field conditions. New Phytol. 99: 257-267.

- Fitter, A.H. and Garbaye, J. 1994. Interaction between mycorrhizal fungi and other soil organisms, Plant and Soil, 159: 123-132.

- 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.

- Frankenberger, W.T.Jr. and Arshad, M. 1995. Phytohormones in Soils. Microbial Production and Function. Marcel Dekker, New York.

- Franson, R.L., Milford, S.B. and Bethlenfalvay, G.J. 1991. The Glycine- Glomus-Bradyrhizobium symbiosis, XI, Nodule gas exchange and efficiency as a function of soil and root water status in mycorrhizal soybean. Physiologia Plantarum, 83:476-482.

- Fravel, D.R., Marios, J.J., Lumsden, R.D. and Connick, W.J. 1985. Encapsulation of potential biocontrol agents in an alginate- clay matrix. Phytopathology. 75: 774-777.

- Fulchieri, M. and Frioni, L. 1994. Azospirillum incolation on maize (*Zea mays)*: effect on yield in a field experiment in central Argentina. Soil. Biol. Biochem. 26:921-923.

- 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.

- Gafni, R., Okon, Y., Kapulnik, Y. and Fishcher, M. 1986. Adsorption of *Azosprillum brasilense* to corn roots. Soil. Biol. Biochem. 18: 69-75.

- Gehring, C.A., Mueller, R.C. and Whitham, T.G. 2006. Environmental and genetic effects on the formation of ectomycorrhizal and arbuscular mycorrhizal associations in cottonwoods. Oecologia. 149:158-164.

- Gianinazzi, S., Schuepp, H., Barea, J.M. and Haselwandter, K. 2001. Mycorrhizal technology in agriculture: form genes to bioproducts, Birkhauser, Basel. ISBN: 376436858. Also in: Mycorrhiza, 13:53-54. Lovato, P, Book review.

- Glick, B.R. 1995.The enhanacement of plant growth by free- living bacteria. Can.J.Microbiol. 41:109-117.

- Glick , B.R., Patten, C.L. Holguin, G. and Penrose, D.M. 1999. Biochemical and genetic mechanisms used by plant growth-promothing bacteria. London. Imerial College press.

- Glick, B.R., Penrose, D.M. and Li, J.P. 1998. A model for the lowering of plant ethylene concentrations by plant growth- promoting bacteria.J. Theor. Biol. 190:63-68.

- Glick, B.R., Penrose, D. and Wendo, M. 2001. Bacterial Promotion of plant growth. Biotech. Adv. 19: 135-138.

- Goh, T.B., Banerjee, M.R., Shihua, T. and Burton, D.L. 1997. Vesicular- arbuscular mycorrhizea mediated uptake and translocation of and Zn by wheat in a calcareous soil. Canadian Journal of Plant Science. 77: 339-346.

- Graham, J.H. and Menge, J.A. 1982. Influence of vesicular- arbuscular mycorrhizae and soil phosphorus on take-all disease of wheat. Phytopathology. 72: 95-98.

- Graham, J.H. and syvertsen. 1989. Vesicular-arbuscular mycorrhizas increase chloride concentration in citrus seedling. New Phytol. 113: 29-36.

- Gryndler, M. 2000. Interaction of arbuscular myvorrhizal fungi with other soil organisms. In: Arbuscular Mycorrhizas: Physiology and Function. Kapulnik, Y., Douds, D.D. (Eds.).pp. 239-262. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. ISBN 0-7923-6444-9.

- Hamaoui, B., Abbadi, J.M., Burdman, S., Rashid, A., Sarig, S. and Okon, Y. 2001.Effects of inoculation with *Azopirllum brasilense* on chickpeas (*Cicer arietinum*) and faba beans (*Vicia faba*) under different growth conditions. Agronomie, 21: 553-560.

- Hamel, C., Furlan, V. and Smith, D.L. 1991. N_2 fixation and transfer in a field- grown mycorrhizal corn and soybean intercrop. Plant and Soil. 133: 177-185.

- 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.

- Hardi, K., and Leyton, L. 1981. The influence of vesicular- arbuscular mycorrhiza on growth and water relations of red clover. New Phytologist. 89: 599-608.

- 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.

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

- Harris, D., Pacovsky, R.S. and Paul, E.A. 1985. Carbon economy of soybean- Rhizobium-Glomus associations. New Phytol. 101: 427-440.

- Harrison, M.J. 2005. Signaling in the arbuscular Mycorrhizal symbiosis. Annual Review of Microbiology. 59: 19-42.

- Hartung, W., and Slovik, S. 1991. Physicochemical properties of plant growth regulation and plant tissues determine their distribution and redistribution: Stomatal regulation by abscise acid in leaves. New Phytol. 119: 361-382.

- Hass, D. and Defago, G. 2005. Biological control of soil- born pathogens by fluorescent pseudomonads. Natur. Rev. Microbiol. 3(4): 307-319.
- Hauwaerts, D., Alexandre, G., Das, S.K. Vanderleyden, J. and Zhulin, I.B. 2002. A chemotaxis operons in alfa-proteobacteria. FEMS Microbiol Lett. 208: 61-67.
- Hayman, D.S. 1986. Mycorrhizae of nitrogen-fixing legumes. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 2: 121-145.
- Hickes, P.M. and Loyanchan, T.E. 1987. Phosphorus fertilization reduces vesicular-arbuscular mycorrhizal infection and changes nodule occupancy of field- grown soybean. Agronomy Journal, 79: 841-844.
- Hildebrandt, U., Janetta, K., Ouziad, F., Renne, B., Nawrath, K. and Bothe, H. 2001. Arbuscular mycorrhizal colonization of halophytes in Central European salt marshes. Mycorrhiza, 10: 175-183.
- Hodge, A. 2000. Microbial ecology of the arbuscular mycorrhiza. FEMS Microbiology Ecology, 32: 91-96.
- Hopkins, D.L., Larkin, R.P. and Elstrom, G.W. 1987. Cultivar- specifice induction of soil suppressiveness to Fusarium wilt of watermelon. Phytopathology, 77: 607-611.
- Huang, R.S., Smith, W.K., and Yost, R.S. 1985. Mycorrhiza on growth, water relation, leaf orientation in *Leucaena leucocephala* (LAM). New Phytologist. 99: 229-243.
- Jackson, M.B. 1993. Are plant hormones involved in root to shoot communication? Adv. Bot. Res. 19: 103-186
- Jackson, R.M., Brown, M.E. and Burlingham, S.K. 1964. Similar effects on tomato plants of Azotobacter inoculation and application of gibberellins. Nature. 203: 851-852.
- Jaeger, C.H., Lindow, S.E., Miller, W., Clark, E. and frestone, M.K. 1999. Mapping of sugar and amino acid availability in soil around roots with bacterial sensors of sucrose and tryptophan. Appl. Enviorn. Microbiol. 65: 2685-2690.
- Jeffries, P., Gianinazi, S., Perotto, S., Turnau, K. and Barea, M.J. 2003. The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility. Biol. Fertil. Soils. 37:1-16.
- 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. and Pfleger, F.L. 1992. Mycorrhizae: A possible explanation for yield decline associated with continuous cropping of corn and soybean. Agron. J. 84:387-390.
- Kapulnik, Y., Gafny, R. and Okon, Y. 1985. Efeect of *Azospirillum spp.* inoculation on root development and Nitrogen uptake in wheat in hydroponic system. Canadian Journal of Botany, 63:627-631.
- Kapulnik, Y . and Henis, Y . 1987. Yield response of sprig wheat cultivars *(Triticum aestivum* and *T. turgidum)* to inoculation with Azospirillum brasilense under field conditions. Biol. Fert. Soils. 4:24-35.
- Kapulnik, Y., Sarig, S., Nur, A., Okon, Y. and Henis, Y. 1982. The effect of Azospirillum inoculation on growth activites and grain yield in maize. Agronomie, 12: 319-324.
- Katuptiya, S., Millet, J., Vesk, M., Viccars, L., Zeman, A., Lidong, Z., Elmerich, C. and Kennedy, I. 1995. A mutant of *Azospirillum brasilense* Sp7 impaired inflocculation with a modified colonization pattern and superior nitrogen fixation in association with wheat. Appl. Environ. Microb. 61: 1987-1995.
- Kawai, Y. and Yamamoto, Y. 1986. Increase in the formation and nitrogen fixation of soybean nodules by vesicular-arbuscular mycorrhizae. Plant Cell Physiol. 27:399-405
- Khodaei R., A. Mini, V.N. Golati, and P. Shokla. 1998. Changes in soil nitrogen and phosphorus in soybean cultivation associate with phosphorus solublizing bacteria. 3ed National Conference in Development and Application of Biological Materials Using Fertilizers and Pesticides in Agriculture. Karaj. Iran. Pp: 303.
- Killham, K., and Firestone, M. K. 1983. Vesicular-arbuscular mycorrhizal mediation of grass response to acidic heavy metal depositions. Plant Soil, 72: 39-48.

- Koide, R.T. and Li, M. 1990. On host regulation of the vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. New Phytol. 114: 59-65.
- Koide, R.T. 1991. Nutrient supply, nutrient demand and plant response to mycorrhizal infection. New Phytol. 117: 365-386.

- Kothari, S.K., Marschner, H., and Romheld, V. 1990. Effect of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi and rhizosphere microorganisms on managanese reduction in the rhizophere and manganese concentration in maiz. New Phytologist, 117: 649-655.
- Krone, W., Bichler, B., Vierbrock, E. and Moawad, A.M. 1987. Interaction between VA mycorrhiza and phosphate solubilizing bacteria. Proceedings of 7th North Am. Conf. on mycorrhizae. FL. May 3-8 1987. Inst. Food Agric. Sci., Univ. of Florida, Gainesville, FL. P. 328.
- Kucey, R.M.N., and Janzen, H.H. 1987. Effect of VAM and reduced nutrient availability on growth and phosphorus and micronutrient uptake of wheat and field beans under green house. Plant and Soil. 104:71-78.
- Kucey, R.M.N., and 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.
- Langham, R. d. 2007. Phenology of Sesame, Issues in New Crop and New Use. In: J. Janick and Whipkey (eds). ASHSPress, Alexandria. V A. USA. 144-180.

- Leong, J. 1986. Siderophores: their biochemistry and possible role in the biocontrol of plant pathogens. Annu. Rev. Phytopathol. 24: 187-208.
- Lim, H., Kim, Y., and Kim, S. 1991. *Pseudomonas stutzeri* YLP-1 genetic transformation and antifungal *Fusarium solani,* an agent of plant root rot. Appl. Environ. Microbiol. 57: 510-516.
- Linderman, R.G. and Davis, E.A. 2004. Varied response of marigold (*Tagates spp.*) genotypes to inoculation with different arbuscular mycorrhizal fungi. Scientia Horticulturae, 99: 67-78.
- Linderman, R.G. 1991. Mycorrhizal interactions in the rhizosphere. p. 343-348. In D.L Keister and P.B Cregan (ed.) The rhizosphere and plant growth. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands.
- Linderman, R.G. 1988. Mycorrhizal interactions with the rhizosphere microflora: The mycorrhizosphere effect. Phytopathology. 78:366-371.

- Lin, W., Okon, Y. and Hardy, R.W.F. 1983. Enhanced mineral uptake by *zea mays* and *Sorghum bicolor* roots inoculated with *Azospirillum brasilense.* Appl. Environ. Microbiol. 45: 1775-1779.

-Liu, L., Klopper, J. W. and Tuzum, S. 1995. Induction of systemic resistance in cucumber against fusarium wilt by plant growth promoting rhizobacteria Phytopathol.85:695-698.

- Li, X-L, Grorge, E. and Marscgner, H. 1991. Phosphours depletion and pH decrease at the root-soil and hypha- soil interface of VA mycorrhizal white clover fertilized with ammonium. New Phytol. 119: 397-404.

- 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.

- Lorito,M. Hayes, C.K., Zoina, A., Scala, F., Sorbo, G. Del., Woo, S.L. and Harman, G.E. 1994. Potential of genes and gene products from *Trichoderma sp.* And *Gliocladium sp.* For the development of biological pesticides. Mol. Biotechnol. 2: 209-217.

- Lucangeli, C. and Bottini, R. 1997. Effects of *Azospirillum spp.* on endogenous gibberellin content and growth of maize (*Zea mays L.*) treated with uniconazol. Symbiosis, 23: 63-71.

- Lu, S., and Miller, M.H. 1988. The role of VA mycorrhizae in the absorption of P and Zn by Maize in field and growth chamber experiments. Canadian Journal of Sed Science. 69: 97-109.

- Lynch, J.M. 1997. Has biotechnology a role in soil science? Aust J Soil Res, 35: 1044-1060.

- Malakoti M.J., and Sepehr, A. 2002. Optimum Nutrition for oilseeds. Proceeding Khaniran

Press. Pp. 452.

- Malik, M. A., Saleem, M. F., Akhtar Cheema, M. A and Ahmed, Sh. 2003. Influence of different nitrogen levels on productivity of sesame (*Sesamum indicum L.*) under varying planting patterns. International Journal of Agriculture and biology. 4: 490-492.

- 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.

- Mansfeld- Giese, K., Larsen, J. and Bdker, L. 2000. Bacterial populations associated with mycelium of the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices.* FEMS. Microbiol. Eco. 41: 133-140.

- Marschner, H., and Dell, B. 1994. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. Plant and Soil. 159: 89-102.

- Martin, P.A., Glatzle, W., Kolb, W., Omay, H. and Schmidt, W. 1989. N2- fixing bacteria in the rhizosphere: Quantification and hormones effects on root development. Z. Pflanzenernaehr. Bodenk. 152: 237-245.

- Mayo, K., Davis, R.E. and Motta, J. 1986. Stimulation of germination of spores of *Glomus veriforme* by spore- associated bacteria. Mycologia. 75:426-431.

- Meyer, J.R. and Linderman, R.G. 1986. Response of subterranean clover to dual inoculation with vesicular- arbuscular mycorrhizae fungi and a plant growth-promoting bacterium, *Pseudomonas putida.* Soil Biol. Biochem. 18: 184-190.

- 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.

- McGonigle, T.P. and Fitter, A.H. 1990. Ecological specificity of vesicular-arbuscular mycorrhizal associations. Mycol. Res. 94:120-122.

- Migahed, H.A., Ahmed, A.E. and Abd El- Ghany, B.F. 2004. Effect of different bacterial strains as biofertilizer agents on growth, production and oil of *Apium graveolense* under calcareous soil. Journal of Agricultural Sciences, 12:511-525.

- 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.

- Misko, A.L. and Germida, J.J. 2002. Taxonomic and functional diversity of pseudomonads isolated from the roots of field- grown canola. FEMS. Microbiol. Eco. 42: 399-407.

- Molla, A.H., Shamsuddin, Z.H., Halimi, M.S., Morziah, M. and Puteh, A.B. 2001. Potential for enhancement of root growth and nodulation of soyben coinculated with Azospirillum and Bradyrhizobium in laboratory systems. Soil. Biol. Biochem. 33: 547-463.
- Mukerji, K.G. and Chamola, B.P. 2003. Compendium of Mycorrhizal Research. A.P.H. Publisher. New Delhi. P. 310.
- Nagarathna, T.k., Prasad, T.G., Bagyaraj, D.J. and Shadakshar, Y.G.I. 2007. Effects of arbuscular mycorrhiza and phosphorus levels on growth and water use efficienecy in Sunflower at different soil moisture stress. *Journal of agricultureal technology*, 3(2): 221-229.
- 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 bu soil distrybance. Can. J.Soil Sci. 66: 287-302.
- O' Hara, G.W., Dilworth, M.J. Boonkerd, N. and Parkpian, P. 1998. Iron deficiency specifically limits nodule development in peanut inoculated with *Bradyrhizobium sp.* New Phytol. 108: 51-57.
- Ojala, J.C. Jarrell, W.M., Menge, J.A. and Johnson, E.L.V. 1983. Influence of mycorrhizal fungi on the mineral nutrition and yield of onion in saline soil. Agronomy Journal. 75: 755-258.
- Ortas, I. and Harris, P.J. 1996. Enhancment uptake of phosphorus by mycorrhizal sorghum plant as influenced by froms of nitrogen. Plant and Soil, 184(2): 225-267.
- Ortas, I. and Harris, P.J. 1996. Enhancment uptake of phosphorus by mycorrhizal sorghum plant as influenced by forms of nitrogen. Plant and Soil, 184(2): 225-264.
- Pacovsky, R.S. 1988. Influence of inoculation with *Azospirillum brasilense* and Glomus *fasciculatum* on sorghum nutrition. Plant and Soil. 110: 283-286.
- Pacovsky, R.S. and Fuller, G. 1988. Mineral and lipid composition of Glycine-*Glomus*-*Bradyrhizobium* symbiosis. Physiologica plantarum. 72:733-746.
- Pacovsky, R.S., Fuller, G., Stafford, A.E. and Paul, E.A. 1986. Nutrient and growth interactions in soybeans colonized with *Glomus fasciculatum* and *Rhizobium japonicum.* Plant and Soil. 92: 37-45.

- 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.

- Pandy, A., Sharma, E. and Plani, L.K.S. 1998. Influence of bacterial inculation on maize in uplsnd farming systems of the Sikkim Himalaya. Soi. Biol. 30(3):379-384.

- Panwar, J. D. S. 1991. Effect of VAM and Azospirillum brasilense on photosynthesis, nitrogen metabolism and grain yield in wheat. Ind. J. Plant physiol. 34(4): 357-361.

- Patten, C.L. and Glick, B.R. 1996. Bacterial biosynthesis of indole-3 acetic acide. Can. J. Microbiol. 42:207-220.

- Paul, E.A. and Clark, F.E. 1989. Soil Microbiology and Biochemistry. AcademicPress Incorporation. P.283.

- Penrose, D.M., Moffat, B.A. and Glick, B.R. 2001. Determination of 1-aminocyclopropane-1 carboxylic acid (ACC) to assess the effects of ACC deaminase-containing bacteria on roots of canola seeding. Can. J. Microbiol. 47: 77-80.

- Picccoli, P., Masciarelli, O. and Bottni, R. 1999. Gibberellin production by *Azospirillum lipoferum* cultured in chemically- defined medium as affected by oxygen ayailability and water status. symbiosis. 27: 135-145.

- Prasad, R. and Power, J.F. 1997. Soil fertility management for sustainable agriculture. CRC. Press. LLC.pp.

- Ratti, N., Kumar, S. Verma, H.N. and Gautam, S.P. 2001. Improvement in bioavailability of tricium phosphate to *Cymbogon martini* var. montia by rhizobacteria, AMF and Azospirillum inoculation. Micorobial Research. 156: 145-149.

- Read, D.J., Francis, R. and Finlay, R.D.1985. Mycorrhizal mycelia and nutrient cycling in plant communities. P.193-217. In A.H. Fitter (ed). Ecological in soil. Blackwell Scientific. Boston. MA.

- Reis, V.M., Baldani, J.I. Baldani, V.L.D. and Dobereiner, J. 2000. Biological dinitrogen fixation in gramineae an palm trees. Plant. Sci. 19:227-274.

- Requena, N., Jeffries, P. and Barea, J.M. 1996. Assesment of natural mycorrhizal potential in a desrtified semiarid ecosystem. Applied and Environmental Microbiology, 62: 842-847.

- Rosendahl, S. 1985. Interaction between the vesicular- arbuscular mycorrhizae fungus *Glomus fasciculatum* and *aphanomyces euteiches* root rot of peas. Phytopathol. Z. 114:31-40.

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

- Ruiz- Lozano, J.M., Azcon, R. and Gomes, M. 1996. Alleviation of salt stress by arbuscular mycorrhizal Glomus Species in *Lactuca sativa* Plants [*Glomus deserticola*]. Physiologia plantarum. 98:767-772.

- Riuz, K. and Newman, E.I. 1984. Movement of ^{32} p between intact grassland plants of the same age.Oikos 43:138-142.

- sagdut, A. 2008. Trensesterified Sesame *(Sesamum indicum* L.) seed oil as biodiesel fule. Bioresource Technology. 6656-6660.

- Salantur, A., Ozturk, A. and Akten, S. 2006. Growth and yield response of spring wheat (*Triticum aestivum L.*) to inoculation with rhizobacteria. Plant. Soil. Environ. 52(3):111-118.

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

- 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.

- Secilia, J. and Bagyaraj, D.J. 1987. Bacteria and actinomycetes associated with potcultures of vesicular- arbuscular mycorrhizas. Canadian Journal of Microbiology. 33: 1069-1073.

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

- Shabayev, V.P., Smolin, V.Y. and Mudrik, V.A. 1996. Nitrogen fixation and CO_2 exchange in soybeans (*Glycine max L.*) inoculated with mixed cultures of different microorganisms. Biology and Fertility of Soils. 23: 425-430.
- Sharma, A.K. and Johri, B.N. 2002. Arbuscular Mycorrhizae, Interaction in plants, rhizosphere and soils. Oxford and IBH Publishing. New Delhi. P. 308.
- Sharmila, V., Krishnamoorthy Ganesh, S and M., Gunasekaran. 2007. Generation mean analysis for quantitative traits in sesame (*Sesamum indicum* L.) crosses. Genetics and Molecular Biology. 1 (30): 80- 84.

- Singh, H.P. and Singh, T.A. 1993. The interaction of rock phosphate, *Bradyrhizobium,* vesicular-arbuscular mycorrhiza and pkosphate-solubilizing microbes on soybean grown in a sub-Himalayan mollisol. Mycorrhiza. 4: 37-43.
- Smith, S.E. and Read, D.J. 2008. Mycorrhizal Symbiosis. Academic Press. P.
- Soleimanzadeh, h., Habibi, D., Ardakani, M. R., Pakenegad, F and F., Regali., 2010. Response of sunflower (*Helianthus annus* L.) to Inoculation with Azotobacter under Different Nitrogen Levels. American-Eurasian Journal of Agriculture and Environment Science., 7 (30): 265-266.

- Somasegaran, P. and Hoben, H.J. 1994. Handbook for rhizobia: Methods in Legume-rhizobium technology. pp. 450. New York: Springer-Verlag. ISBN 0-38794134-7.
- Souchie, E.L., Saggin- Junior, O.J., Silva, E.M., Campello, E.F.C., Azcon, R. and Barea, J.M. 2006. Communities of P-solubilizing bacteria, fungi and arbuscular mycorrhizal fungi in grass pasture and secondary forest of Paraty, R,J- Brazil, Annuals Academia of Brasileira de Ciencias, 78: 183-193.
- Stancheva, I., Dimiterv, I., Kuloyanova, N. Dimitrova, A. and Anyelov, M. 1992. Effects of inoculation with *Azospirillum brasilense*, photosynthetic enzyme activities and grain yield in maize. Agronomie, 12: 319-324.
- 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.
- Strzelczyk, E., and Pokojska- Burdziej, A. 1984. Production of auxins and gibberellin like substances by mycorrhizal fungi, bacteria and actinomycetes isolated from soil and mycorhizosphere of pine (*Pinus silvestris L.*). Plant and Soil. 81: 185-194.

- Suba Rao, N.S. 1989. Soil microorganism and plant growth. Oxford and IBH Publishing Co, New Delhi.

-Subramanian, K.S., and Charest,C.1997.Nutritional, growth,and reproductive responses of maize (Zea mays L.). to arbuscular mycorrrhizal inoculation during and after drought stress at tasselling. Mycorrhiza.7(1):25-32.

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

- Suresh, C.K., bagyaraj, F.J. and Reddy, D.D.R. 1985. Effect of vesicular-arbuscular mycorrhizae on survival, Penetration and development of root-knot nematode in tomato. Plant and Soil. 87: 308.

- Sylvia, D.M., Fuhrmann, J.J., Hartel, P.G. and Zuberer, D.A. 2005. Principles and application of soil microbiology. 2 nd. Ed. Prentice- Hall, Upper Saddle River, New Jersey. (textbook).

-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.

- Tarafdar, J.C. and marschner, H. 1994. Efficiency of VAM hyphae in utilization of organic phosphorus by wheat plants. Soil Science and Plant Nutrition. 40: 593-600.

- Thakur, A.K. and Panwar, 1.D.S. 1997. Response of Rhizobium vesicular arbuscular mycorrhizal symbionts on photosynthesis, nitrogen metabolism and sucrose translocation in green garm (*phaseolus radiates). Ind.J.Agric.Sci*, 67(6):245-248.

- 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.

- Tien, T.M., Gaskins, M.H. and Hubbell, D.H. 1979. Plant growth substances produced by *Azospirilum brasilense* and their effect on the growth of pearl millet (*Pennisetum americanumm L.*) Apple. Environ. Microbiol. 37:1016-1023.

- Tilak, K.V.B.R. and Singh, C.D. 1988. Response of pearl miller (*Pennisetum americanum*) to inoculation with vesicular-arbuscular mycorrhizae and *Azospirillum brasilense* with different sources of phosphorus. Current Sci. 57:43-44.

- Tilak, K.V.B.R., Li, C.Y. and Ho, I. 1987. Occurrence of nitrogen-fixing Azospirillum on surface sterilized mycorrhizal roots of green onion (*Allium cepa*). Proceedings of 7th North Am. Conf. on Florida, Gainesville,FL. P. 222.

- Tilak, K.V.B.R., Singh, C., Roy, S.V.K. and Rao,N.S.S. 1982. *Azospirillum brasilense* and *Azotobacter chroococcum* inoculum effect on yield of maize (*Zea mays L.*) and sorghum (*Sorghum bicolor*). Soil Biology and Biochemistry, 14: 417-418.

- Timmusk, S., Nicander, B., Granhall, U. and Tillberg, E. 1999. Cytokinin Production by *Paenibacill polymyxa*, Soil. Bioche. 31: 1847-1852.

- Walley, F.L. and Germida, J.J. 1997. Response of spring wheat (*Triticum aestivum*) to interactions between Pseudomonas species and *Glomus clarum* NT4. Bio. Fertil Soils. 24: 365-371.

- Wang, A.Y., Brown, H.N., Crowly, D.E. and Szaniszlo, P.J. 1993. Evidence for direct utilizantion of a asidrophore, ferrioxamine B, in axenically grown cucumber. Plant Cell. Environ. 16: 579-585.

- Weiss, E. A. , 2000. Oilseed Crops. 2nd Edition. Blackwell Science LTD, Osney Mead, Oxford, OX2 0EL, U. K. Hardback. 374 pp. ISBN: 0-632-05259-7.

- Williams SE, Wollum AG, Aldon EF. 1974. Growth of *Atriplex canescens* (Pursh) Nutt. Improved by formation of vesicular-arbuscular mycorrhizae. Proceedings of the Soil Science Society of America, 38:962-965.
- Wilson, G.W., Hetrick, B.A.D. and Kitt, D.G. 1988. Suppression of mycorrhizal growth response of big bluestem by non- sterile soil. Mycologia, 80:338-343.
- Wu, S, C., Cao, Z. H., Li, Z, C., Cheung, K. C and M, H,. Wong. 2005. Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. Geoderma. 125: 155-166.

- Vance, C. P. 2001. Symbiotic nitrogen fixation and phosphorus acquisition Plant nutrition in a world of declining renewable sources. Plant. Physiology. 127: 390-397.
- VanKessel, C., Singleton, P.W. and Hoben, H.J. 1985. Enhanced N-transfer from soybean to maize by vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) fungi. Plant Physiol. 79: 652-563.
- Vessey, J. K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizer. Plant and Soil, 255: 271-586.
- Vivas, A., Barea, J.M., Biro, B. and Azcon, E. 2006. Effectiveness of autochthonous Bacterium and mycorrhizal fungus on Trifolium growth, symbiotic development and soil enzymatic activities in Zn contaminated soil. Journal of applied microbiology, 100(3): 587-98.
- 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.
- Voss, R.D. and Shrader, W.D. 1984. Rotation effect and legume sources of nitrogen for corn. P. 61-68. In D.F. Bezdicek et al. (ed.) Organic farming: Current technology and its role in a sustainable agriculture. ASA Spec. Publ. 16, ASA, CSSA, and SSSA, Madison, Wl.
- Zahir A.Z., Arshad, M. and Khalid, A. 1998. Improving maize yield by inoculation with plant growth promoting rhizobacteria. Pakistan Journal of Soil Science, 15: 7-11.
- Zahir, Z.A., Asghar, H.N. and Arshad, M. 2001. Cytokinin and its precursors for improving growth and yield of rice. Soil Biol. Biochem. 33: 405-408.

- Zahir, A. Z., Khalid, S. A. A. and Arshad, M. 2000. Substrate dependnd microbially derived plant hormones for improving growth of maize seedlings. Pakistan Journal of Biological Science, 3: 289-291.

- Zakharova, E., Shcherbakov, A. Brudnik, V. Skripko, N. Bulkhin, N.Sh. and Ignatov, V. 1999. Biosynthesis of indole-3- acetic asid in *Azospirillum brasilense:* insights from quantum chemistry. Eur. J.Biochem. 259: 572-576.