بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی شاهرود
دانشکده کشاورزی
گروه زراعت

تاثیر کاربرد قارچ های میکوریزا، ورمی کمپوست و نیتروکسین بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴

دانشجو : جلیله احمدی

اساتید راهنما :
دکتر احمد غلامی
دکتر حمیدرضا اصغری

اساتید مشاور :
دکتر منوچهر قلی پور دکتر حمید عباس دخت

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

۱۳۹۰

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فهرست مطالب ..... ک
فهرست اشکال ..... ن
فهرست جداول ..... ف
چکیده ..... ص
مقدمه ..... ق

فصل اول : بررسی منابع

۱-۱ ذرت ۱
۱-۱-۱ گیاه شناسی ذرت ۱
۱-۱-۲ شرایط لازم برای رشد گیاه ۳
۱-۱-۳ زمان کاشت ذرت ۴
۱-۱-۴ نیازهای غذایی ذرت ۴
۱-۲ کودهای زیستی ۶
۱-۲-۱ اهمیت کاربرد کودهای آلی و ورمی کمپوست در کشاورزی ۷
۱-۲-۲ آشنایی با تاریخچه ورمی کمپوست ۱۰
۱-۲-۳ آشنایی با مفهوم ورمی کمپوست ۱۱
۱-۲-۴ خصوصیات ورمی کمپوست ۱۲
۱-۲-۴-۱ خواص فیزیکی ۱۳
۱-۲-۴-۲ خواص شیمیایی ۱۳
۱-۲-۴-۳ خواص بیولوژیکی ۱۶
۱-۲-۵ موارد استفاده از ورمی کمپوست ۱۷
۱-۲-۶ تاریخچه میکوریزا ۱۹
۱-۲-۶-۱ رابطه همزیستی میکوریز آرباسکولار ۲۲
۱-۲-۶-۲ نقش نظام های زراعی بر فعالیت و پایداری میکوریزا ۲۳
۱-۲-۶-۲-۱ اثر شخم و جابجایی لایه های خاک بر فعالیت و پویایی میکوریزا ۲۳
۱-۲-۶-۲-۲ اثر آیش بر فعالیت و پویایی میکوریزا ۲۴
۱-۲-۶-۲-۳ اثر تناوب زراعی بر فعالیت و پویایی میکوریزا ۲۴
۱-۲-۶-۲-۴ کشت مخلوط ۲۵
۱-۲-۶-۲-۵ اثر کودهای شیمیایی مورد استفاده در کشاورزی بر جمعیت میکوریزا ۲۶

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۱-۲-۶-۳ فوائد رابطه همزیستی میکوریزایی ۲۸
۱-۲-۶-۳-۱ تاثیر بر جذب عناصر غذایی ۲۸
۱-۲-۶-۳-۲ افزایش مقاومت به خشکی ۳۱
۱-۲-۶-۳-۳ افزایش مقاومت به شوری ۳۳
۱-۲-۶-۳-۴ افزایش مقاومت گیاه به عوامل بیماری زای ریشه..... ۳۴
۱-۲-۶-۳-۵ تولید هورمون های محرک رشد گیاه ۳۶
۱-۲-۶-۳-۶ افزایش مقاومت گیاه به تنش های ناشی از تراکم خاک و اصلاح ساختمان خاک ... ۳۶
۱-۲-۶-۴ عوامل موثر بر همزیستی میکوریزایی ۳۷
۱-۲-۶-۴-۱ روابط متقابل میکوریزا، باکتری های تثبیت کننده نیتروژن و سایر میکروارگانیسم های خاک ۳۷
۱-۲-۶-۴-۲ فرآیند کلونیزه شدن ریشه ۴۵
۱-۲-۷ باکتری های ریزوسفری ۴۷
۱-۲-۷-۱ باکتری ازتوباکتر ۴۸
۱-۲-۷-۲ باکتری آزوسپریلوم ۵۰
۱-۲-۷-۳ اثرات مفید باکتری های محرک رشد بر گیاهان ۵۱
۱-۲-۷-۳-۱ اثرات مثبت بر توسعه سیستم ریشه ای ۵۲
۱-۲-۷-۳-۲ تولید مواد تحریک کننده رشد گیاهی ۵۳

فصل دوم : مواد و روش ها

۲- مواد و روشها ۵۹
۲-۱ اندازه گیری خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک ۵۹
۲-۲ طرح آزمایش ۵۹
۲-۳ آماده سازی بذرها ۶۰
۲-۴ آماده سازی زمین و کاشت ۶۰
۲-۵ مرحله داشت ۶۱
۲-۶ نمونه برداری ۶۲
۲-۷ برداشت نهایی ۶۲
۲-۸ شاخص های فیزیولوژیکی رشد ۶۳
۲-۹ تجزیه آماری نتایج ۶۴

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل سوم : نتایج و بحث

۳-۱ مراحل نمونه برداری ۶۶
۳-۱-۱ نمونه برداری اول ۶۶
۳-۱-۲ نمونه برداری دوم ۶۷
۳-۱-۳ نمونه برداری سوم ۶۹
۳-۱-۴ نمونه برداری چهارم ۷۱
۳-۱-۵ نمونه برداری پنجم ۷۴
۳-۱-۶ نمونه برداری ششم ۷۹
۳-۱-۷ نمونه برداری هفتم ۸۶
۳-۲ شاخص های رشد ذرت ۱۱۷
۳-۲-۱ تجمع ماده خشک ۱۱۷
۳-۲-۲ سرعت رشد محصول ۱۲۰
۳-۲-۳ سرعت رشد نسبی ۱۲۳
۳-۲-۴ شاخص سطح برگ ۱۲۵
۳-۳ نتیجه گیری ۱۲۸
۳-۴ پیشنهادات..... ۱۲۹

فصل چهارم : ضمائم

جداول ضمیمه ۱۳۱
منابع مورد استفاده ۱۴۵

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل۱- مقایسه میانگین وزن خشک کل بوته در سطوح مختلف ورمی کمپوست و میکوریزا در نمونه برداری چهارم ۷۴
شکل۲- مقایسه میانگین وزن خشک برگ در سطوح مختلف ورمی کمپوست و میکوریزا در نمونه برداری پنجم ۷۷
شکل۳- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه در سطوح مختلف ورمی کمپوست و میکوریزا در نمونه برداری پنجم ۷۸
شکل۴- مقایسه میانگین وزن خشک بلال در سطوح مختلف ورمی کمپوست و میکوریزا در نمونه برداری پنجم ۷۸
شکل۵- مقایسه میانگین وزن خشک کل بوته در سطوح مختلف ورمی کمپوست و میکوریزا در نمونه برداری پنجم ۷۹
شکل۶- مقایسه میانگین وزن خشک برگ در سطوح مختلف ورمی کمپوست و میکوریزا در نمونه برداری ششم ۸۲
شکل۷- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه در سطوح مختلف ورمی کمپوست و میکوریزا در نمونه برداری ششم ۸۲
شکل۸- مقایسه میانگین وزن خشک بلال در سطوح مختلف ورمی کمپوست و میکوریزا در نمونه برداری ششم ۸۳
شکل۹- مقایسه میانگین وزن خشک کل بوته در سطوح مختلف ورمی کمپوست و میکوریزا در نمونه برداری ششم ۸۳
شکل۱۰- مقایسه میانگین وزن خشک برگ در سطوح مختلف ورمی کمپوست و نیتروکسین در نمونه برداری ششم ۸۴
شکل۱۱- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه در سطوح مختلف ورمی کمپوست و نیتروکسین در نمونه برداری ششم ۸۵
شکل۱۲- مقایسه میانگین وزن خشک بلال در سطوح مختلف ورمی کمپوست و نیتروکسین در نمونه برداری ششم ۸۶
شکل۱۳- مقایسه میانگین وزن خشک کل بوته در سطوح مختلف ورمی کمپوست و نیتروکسین در نمونه برداری ششم ۸۶
شکل۱۴- مقایسه میانگین وزن خشک برگ در سطوح مختلف ورمی کمپوست و میکوریزا در نمونه برداری هفتم ۹۸

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل۱۵- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه در سطوح مختلف ورمی کمپوست و میکوریزا در نمونه برداری هفتم ۹۹
شکل۱۶- مقایسه میانگین وزن خشک بلال در سطوح مختلف ورمی کمپوست و میکوریزا در نمونه برداری هفتم ۱۰۰
شکل۱۷- مقایسه میانگین وزن خشک کل بوته در سطوح مختلف ورمی کمپوست و میکوریزا در نمونه برداری هفتم ۱۰۰
شکل۱۸- مقایسه میانگین وزن خشک دانه در سطوح مختلف ورمی کمپوست و میکوریزا در نمونه برداری هفتم ۱۰۳
شکل۱۹- مقایسه میانگین وزن صد دانه در سطوح مختلف ورمی کمپوست و میکوریزا در نمونه برداری هفتم ۱۰۴
شکل۲۰- مقایسه میانگین درصد کلونیزاسیون ریشه در سطوح مختلف ورمی کمپوست و میکوریزا در نمونه برداری هفتم ۱۰۶
شکل۲۱- مقایسه میانگین وزن خشک برگ در سطوح مختلف ورمی کمپوست و نیتروکسین در نمونه برداری هفتم ۱۰۷
شکل۲۲- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه در سطوح مختلف ورمی کمپوست و نیتروکسین در نمونه برداری هفتم ۱۰۸
شکل۲۳- مقایسه میانگین وزن خشک بلال در سطوح مختلف ورمی کمپوست و نیتروکسین در نمونه برداری هفتم ۱۰۸
شکل۲۴- مقایسه میانگین وزن خشک کل بوته در سطوح مختلف ورمی کمپوست و نیتروکسین در نمونه برداری هفتم ۱۰۹
شکل۲۵- مقایسه میانگین وزن خشک تاج گل در سطوح مختلف ورمی کمپوست و نیتروکسین در نمونه برداری هفتم ۱۱۰
شکل۲۶- مقایسه میانگین وزن خشک پوست بلال در سطوح مختلف ورمی کمپوست و نیتروکسین در نمونه برداری هفتم ۱۱۰
شکل۲۷- مقایسه میانگین وزن خشک دانه در سطوح مختلف ورمی کمپوست و نیتروکسین در نمونه برداری هفتم ۱۱۱
شکل۲۸- مقایسه میانگین وزن صد دانه در سطوح مختلف ورمی کمپوست و نیتروکسین در نمونه برداری هفتم ۱۱۱

شکل۲۹- مقایسه میانگین درصد کلونیزاسیون ریشه در سطوح مختلف میکوریزا و نیتروکسین در نمونه برداری هفتم ۱۱۵
شکل۳۰- تاثیر سطوح ورمی کمپوست بر روند تغییرات وزن خشک بوته در طول دوره رشد ۱۱۹
شکل۳۱- تاثیر سطوح میکوریزا بر روند تغییرات وزن خشک بوته در طول دوره رشد ۱۱۹
شکل۳۲- تاثیر سطوح نیتروکسین بر روند تغییرات وزن خشک بوته در طول دوره رشد ۱۱۹
شکل۳۳- تاثیر سطوح ورمیکمپوست بر روند تغییرات سرعت رشد محصول در طول دوره رشد . ۱۲۲
شکل۳۴- تاثیر سطوح میکوریزا بر روند تغییرات سرعت رشد محصول در طول دوره رشد ۱۲۲
شکل۳۵- تاثیر سطوح نیتروکسین بر روند تغییرات سرعت رشد محصول در طول دوره رشد..... ۱۲۲
شکل۳۶- تاثیر سطوح ورمی کمپوست بر روند تغییرات سرعت رشد نسبی در طول دوره رشد ... ۱۲۴
شکل۳۷- تاثیر سطوح میکوریزا بر روند تغییرات سرعت رشد نسبی در طول دوره رشد ۱۲۴
شکل۳۸- تاثیر سطوح نیتروکسین بر روند تغییرات سرعت رشد نسبی در طول دوره رشد ۱۲۴
شکل۳۹- تاثیر سطوح ورمی کمپوست بر روند تغییرات شاخص سطح برگ در طول دوره رشد . ۱۲۷
شکل۴۰- تاثیر سطوح میکوریزا بر روند تغییرات شاخص سطح برگ در طول دوره رشد ۱۲۷
شکل۴۱- تاثیر سطوح نیتروکسین بر روند تغییرات شاخص سطح برگ در طول دوره رشد ۱۲۷

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول۱- میانگین اثرات اصلی ورمی کمپوست، میکوریزا و نیتروکسین بر وزن خشک اندامهای هوایی در نمونه برداری اول ۶۷
جدول۲- میانگین اثرات اصلی ورمی کمپوست، میکوریزا و نیتروکسین بر وزن خشک اندامهای هوایی در نمونه برداری دوم ۶۹
جدول۳- میانگین اثرات اصلی ورمی کمپوست، میکوریزا و نیتروکسین بر وزن خشک اندامهای هوایی در نمونه برداری سوم ۷۱
جدول۴- میانگین اثرات اصلی ورمی کمپوست، میکوریزا و نیتروکسین بر وزن خشک اندامهای هوایی در نمونه برداری چهارم ۷۳
جدول۵- میانگین اثرات اصلی ورمی کمپوست، میکوریزا و نیتروکسین بر وزن خشک اندامهای هوایی در نمونه برداری پنجم ۷۶
جدول۶- میانگین اثرات اصلی ورمی کمپوست، میکوریزا و نیتروکسین بر وزن خشک اندامهای هوایی در نمونه برداری ششم ۸۱
جدول۷- میانگین اثرات اصلی ورمی کمپوست، میکوریزا و نیتروکسین بر وزن خشک اندامهای هوایی در نمونه برداری هفتم .... ۹۶-۹۷)

چکیده:

به منظور بررسی اثر کودهای زیستی بر عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه ذرت (Zea mays) رقم سینگل کراس ۷۰۴ آزمایشی به صورت اسپیلت پلات فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوکهای کامل تصادفی، با دوازده تیمار و سه تکرار در سال ۱۳۸۸ به اجرا درآمد. کرت های اصلی به ورمی کمپوست شامل ۲ سطح (مصرف A_2 و عدم مصرف A_1) و کرت های فرعی به ترکیب قارچ های میکوریزا در سه سطح {شامل مصرف دو گونه *Glomus mosseae* (B_2) , *Glomus intraradices* (B_3) و شاهد (B_1)} و نیتروکسین (حاوی باکتری های تثبیت کننده نیتروژن Azotobacter و Azospirillum) در دو سطح (مصرف C_2 و عدم مصرف C_1) اختصاص داده شد. نتایج تحقیق نشان داد که در برداشت نهایی کاربرد ورمی کمپوست موجب افزایش معنی دار عملکرد و اجزای عملکرد دانه در مقایسه با عدم کاربرد آن گردید. در بین گونه های میکوریزا، تلقیح گونه *Glomus mosseae* بیشترین تاثیر را بر سطح برگ و ارتفاع بوته داشت و سبب افزایش ۱۲/۹ درصد وزن صد دانه، ۱۷/۳ درصد وزن خشک دانه و ۲۱/۹ درصد وزن کل بوته در مقایسه با شاهد شد. تاثیر کاربرد هر دو گونه میکوریزا بر صفات مورد بررسی در این تحقیق از لحاظ آماری مشابه بود. همچنین با تلقیح نیتروکسین سطح برگ در بوته (۴۶۹۱/۱۱ سانتیمتر مربع)، ارتفاع بوته (۱۹۶/۲۲ سانتیمتر)، وزن صد دانه (۳۰/۲۰ گرم)، وزن خشک دانه (۲۲۵/۵۷ گرم در بوته)، و وزن خشک کل بوته (۴۵۳/۴۶ گرم) در مقایسه با عدم تلقیح آن به طور معنی داری افزایش یافت. در این تحقیق، اثرات متقابل دو فاکتور تلقیح میکوریزایی و ورمی کمپوست و همچنین دو فاکتور تلقیح نیتروکسین و ورمی کمپوست بر وزن صد دانه، وزن خشک دانه و کل بوته معنی دار گردید، به طوری که کاربرد توأم ورمی کمپوست و *Glomus mosseae* (A_2B_2) مؤثرترین ترکیب در مجموع تیمارهای تلفیقی بود که سبب افزایش صفات مورد بحث گردید. کاربرد همزمان نیتروکسین و ورمی کمپوست (A_2C_2) نیز از نظر وزن صد دانه، وزن خشک دانه و کل بوته برتری محسوسی نسبت به تیمار شاهد نشان داد.

مقدمه

در دهه های گذشته نظام های کشاورزی رایج متکی به نهاده های خارجی و از جمله کودهای شیمیایی در تولید محصولات زراعی نقش چشمگیری داشته است. بدلایل متعددی و از جمله افزایش هزینه دستیابی به انرژی و مواد شیمیایی مورد مصرف در مزرعه، کاهش حاصلخیزی خاک ناشی از فرسایش و به همراه آن کاهش مواد آلی و عناصر غذایی خاک، آلودگی آب های سطحی و زیرزمینی، بر هم زدن تعادل مواد غذایی در خاک، اختلال در حلالیت و جذب عناصر غذایی، کاهش کارایی نهاده های شیمیایی و بالاخره مشکلات زیست محیطی در شروع قرن جاری، کارایی این نظام ها سوال برانگیز شده است. از راههای اساسی فائق آمدن به این مشکلات که علاوه بر صرفه جویی در مصرف کودهای شیمیایی، در حفظ توازن طبیعی محیط نیز نقش دارد، استفاده از کودهای زیستی است. این تولیدات زیستی در برخی موارد به عنوان جایگزین و در بیشتر موارد به عنوان مکمل کودهای شیمیایی پایداری تولید را در نظامهای کشاورزی تضمین می کنند. از جمله کودهای زیستی می توان به قارچ های میکوریزایی[1] و باکتری های محرک رشد گیاه اشاره نمود. همچنین یکی دیگر از شیوه های کشت که از جایگاه ویژه ای برخوردار بوده روش کشت آلی یا ارگانیک است که هدف آن افزایش مواد آلی خاک و در نتیجه حفظ حاصلخیزی خاک در دراز مدت می باشد. کاربرد کمپوست در خاک به طور عام به منظور حفظ و افزایش ثبات و پایداری خاکدانه ها، حاصلخیزی و باروری خاک های زراعی و باغی در دهه های گذشته از اهمیت ویژه ای برخوردار است.

ورمی کمپوست نوعی کمپوست تولید شده به کمک کرم های خاکی است که در نتیجه تغییر و تبدیل و هضم نسبی ضایعات آلی (کود دامی، بقایای گیاهی و غیره) در ضمن عبور از دستگاه گوارش این جانوران به وجود می آید. ورمی کمپوست دارای تخلخل زیاد، قدرت جذب و نگه داری عناصر غذایی بالا، تهویه و زهکشی مناسب و ظرفیت بالای نگه داری جذب آب می باشد و استفاده از آن در کشاورزی پایدار، علاوه بر افزایش جمعیت و فعالیت میکروارگانیسم های مفید خاکزی نظیر قارچ های

1-Mycorrhizal Fungi

میکوریزا، در جهت فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم محلول عمل نموده و سبب بهبود رشد و عملکرد گیاهان زراعی می شود.

قارچ میکوریزا یکی از انواع همزیستی های مفید است که بخش نسبتاً مهمی از موجودات خاکزی را شامل می شود. همزیستی این قارچ با ریشه گیاهان میزبان و تشکیل سیستم میکوریزایی نقش مهمی در حاصلخیزی و پایداری اکوسیستم خاک دارد. مهمترین نقش های میکوریزای آرباسکولار در نظام های زراعی عبارتند از افزایش قابلیت دسترسی به عناصر غذایی به ویژه فسفر برای گیاهان، افزایش فتوسنتز، افزایش کارایی مصرف آب در گیاه میزبان، افزایش مقاومت به تنش خشکی و شوری، افزایش مقاومت میزبان به آفات و بیماری ها، افزایش غلظت هورمون های گیاهی و محتوای کلروفیل، تسریع در گلدهی گیاه میزبان، تاثیر در اختصاص مواد فتوسنتزی به اندام های مختلف گیاه میزبان، ایجاد واکنش های مورفولوژیکی در گیاه میزبان، افزایش قدرت رقابت گیاه میزبان در مقابل علف های هرز، افزایش مقاومت گیاهان به فلزات سنگین، بهبود ساختمان خاک و تشکیل خاکدانه، کاهش اثر سوء مواد شیمیایی (ضد عفونی کننده ها، قارچ کش ها، آفت کش ها و علف کش ها) و تشدید فعالیت باکتری های ریزوبیوم و آزوسپیریلوم . بنابراین، قارچ های میکوریزا دارای کارکرد چند منظوره ای در بوم نظام های زراعی هستند، به طوری که بالقوه سبب بهبود کیفیت فیزیکی خاک (از طریق گسترش ریسه های قارچ) کیفیت شیمیایی خاک (از طریق افزایش جذب عناصر غذایی) و کیفیت بیولوژیکی خاک می گردند.

همچنین در بین ریز جانداران خاک که حضور مستقیم و یا وجود فرآورده های متابولیت آنها در محیط ریشه بر رشد و نمو گیاهان تاثیر مثبتی داشته و به عنوان کودهای زیستی مورد توجه محققین قرار دارند، می توان به انواع باکتریها اشاره نمود که در اصطلاح باکتریهای محرک رشد گیاه [1] نامیده می شوند.

1-Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR)

تولید هورمون های گیاهی، کاهش پتانسیل الکتریکی غشاء، القاء مقاومت سیستمیک در گیاهان برای مقابله با عوامل زیستی بیماری زا و نیز افزایش تحریک عناصر غذایی غیر محلول و در نتیجه بهبود جذب مواد غذایی توسط گیاهان از جمله مکانیسم هایی هستند که در نتیجه همکاری این باکتریها با گیاهان، سبب بروز اثرات مثبت و سودمند می شوند. گروهی از این گونه های باکتریایی که دارای قابلیت همیاری با گیاهان زراعی هستند متعلق به جنسهای *Pseudomonas , Azotobacter Azospirillum* و *Bacillus sp* می باشند. امروزه به تثبیت بیولوژیکی نیتروژن از طریق باکتری های همیار و آزادزی از جمله *Azotobacter* و *Azospirillum* در بوم نظام های کشاورزی توجه ویژه ای شده است. همچنین در محیط ریشه گیاه این دو باکتری توانایی ساخت و ترشح مواد بیولوژیکی فعال مانند اسید نیکوتینیک، اسید پنتوتنیک، بیوتین، اکسین ها، جیبرلین ها و غیره را داشته که در افزایش رشد ریشه نقش مفید و موثری دارند. به همین دلیل استفاده از انواع کودهای زیستی در سالهای اخیر مورد توجه محققین بوده و تاثیر کاربرد آنها بر محدوده وسیعی از گیاهان میزبان مانند غلات و بقولات مورد مطالعه و ارزیابی قرار گرفته است.

بر این اساس اهداف زیر در تحقیق حاضر مورد مطالعه قرار می گیرد:

-بررسی تاثیر کاربرد ورمی کمپوست، قارچهای میکوریزای آرباسکولار و نیتروکسین بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت در منطقه بسطام.

-بررسی تاثیر کاربرد تلفیقی کودهای زیستی (ورمی کمپوست، قارچ های میکوریزای آرباسکولار و نیتروکسین) بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت در منطقه بسطام.

-تعیین وجود اثر متقابل در بین ریز موجودات مورد بررسی

با دستیابی به اهداف فوق علاوه بر شناسایی انواع کودهای زیستی سازگار به شرایط محیطی منطقه و موثر بر رشد گیاه ذرت برای تلقیح بذور، می توان اثرات نامطلوب کودهای شیمیایی بر محیط زیست را کاهش داده و بدین وسیله در حفظ تعادل اکوسیستم خاک و پایداری بلند مدت آن گام برداشت.

۱-۱- ذرت

ذرت یکی از مهمترین گیاهان زراعی است که در جهان امروز، به علت اهمیت فوق العاده در تامین غذای دامها، پرندگان، مصارف داروئی و صنعتی نسبت به افزایش سطح زیر کشت و همچنین روشهای به زراعی آن اقدامات اساسی بعمل آمده و در بیشتر کشورهای جهان که دارای شرایط آب و هوائی مناسب برای رشد این گیاه می باشند، محصول قابل توجهی تولید می نماید(خدابنده، ۱۳۷۷). این گیاه، بعد از گندم و برنج، سومین محصول زراعی مهم در دنیا است. در حدود نیمی از ذرت دنیا در ایالات متحده امریکا کشت می شود و بخش وسیعی از اراضی آن کشور زیر کشت ذرت می باشد. تولید کننده های دیگر ذرت به ترتیب کشورهای چین، برزیل، مکزیک، رومانی، آرژانتین، آفریقای جنوبی و هند هستند(تاج بخش، ۱۳۷۵). به علت وجود شرایط آب و هوایی مناسب در بیشتر مناطق کشور، کاشت ذرت در ایران نیز مورد توجه قرار گرفته و توسعه کشت آن از نظر تامین غذای دام و طیور از اهمیت زیادی برخوردار است. بر اساس آمار، در ایران و درسال زراعی ۸۴-۱۳۸۳ از سطح کشت ۲۷۶۲۷۷ هکتار، میزان ۱۹۹۵۲۵۲ تن دانه ذرت با عملکرد ۷۲۲۷/۳۳ کیلوگرم در هنگام تولید بدست آمده است(وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۸۵).

۱-۱-۱- گیاه شناسی ذرت

ذرت (*Zea mays*) گیاهی است تک لپه، یکساله، روز کوتاه و یک پایه. از خانواده Poaceae، و با ۲۰ کروموزوم (۲n=۲۰). گرده افشانی در این گیاه معمولا غیر مستقیم و بوسیله باد صورت می گیرد. ذرت گیاهی دگرگشن است. رنگ، شکل و اندازه دانه ذرت در ارقام مختلف متفاوت بوده و به رنگ های سفید، زرد، قرمز، ارغوانی، سیاه و آبی دیده می شود. در ذرت سیستم ریشه به گونه ای است که در مدت کوتاهی ریشه های اولیه و بذری با ریشه های دیگری که سیستم دائمی ریشه را تشکیل می دهند، کامل می شود. در این گیاه ریشه های هوایی معمولا در اواخر دوره رویشی و از گره های پایین

بوته در بالای سطح خاک بوجود می آیند. اگر این ریشه ها به سطح خاک برسند می توانند شکل ریشه به خود گرفته و مانند سیستم ریشه طبیعی عمل کنند. تعداد ریشه های هوایی و تعداد گره هایی که ریشه های هوایی از آنها بوجود می آید در میان ارقام مختلف بسیار متفاوت است و در هر رقم با توجه به تراکم کشت و میزان تغذیه تعیین می شود(مودب شبستری و مجتهدی، ۱۳۶۹).

رشد ساقه ذرت از تکرار یک واحد ساختاری شامل پهنک برگ، غلاف برگ، گره و میانگره ایجاد می شود. این واحد ساختاری با تغییراتی در ابعاد نسبی اجزای تشکیل دهنده، تکرار شده و تمام ساقه رویشی به جز تاج گل را بوجود می آورد. ساقه ذرت علاوه بر حفظ و نگهداری برگ و دانه، به عنوان اندام ذخیره ای مواد جامد قابل حل که بیشتر ساکاروز است می تواند به عملکرد کمک نماید(گنتر و همکاران، ۱۹۷۰).

برگها اولین قسمت گیاه هستند که پس از نوک کلئوپتیل از خاک بیرون می آیند و تا مدت زمانی تنها بخشهای هستند که در بالای سطح خاک قرار دارند. برگها در روی ساقه به طور متناوب قرار می گیرند. بدین ترتیب که در هر گره ساقه، یک برگ به وجود می آید که غلاف آن ساقه را در بر می گیرد. بسیاری از برگهای پایین بوته به دلایل مختلف از دست می روند. در کشت متراکم، برگهای پایین تر احتمالا به علت اینکه نور کافی به آنها نمی رسد از بین می روند. این آثار، به علت خشکی و همچنین به علت عدم حاصلخیزی کافی، مخصوصا کمبود نیتروژن تشدید می شود. ذرت گیاهی یک پایه است که در آن گلهای نر در انتهای ساقه و گلهای ماده که تشکیل دهنده میوه می باشند از محل گره های ساقه و در محل اتصال برگ به ساقه بوجود می آیند. گرده افشانی در این گیاه معمولا غیر مستقیم بوده و بوسیله باد صورت می گیرد. تعداد دانه های ذرت در هر بلال معمولا بین ۳۰۰ تا ۱۰۰۰ دانه است. از نظر شکل ظاهری، ترکیبات و موارد مصرف دانه ها را به گروه دندانی، بلوری و نرم و یا آردی تقسیم می کنند. گروههای کم اهمیت دیگر شامل ذرت مومی، ذرت شیرین و ذرت آجیلی هستند(خدابنده، ۱۳۷۷). چون دانه ها به طور محکم روی محور خود قرار گرفته اند ذرت قادر به

پراکندن بذرهایش نیست. بنابراین در طبیعت بدون مداخله انسان نمی تواند به بقای خود ادامه دهد(تاج بخش، ۱۳۷۵).

۱-۱-۲- شرایط لازم برای رشد گیاه

ذرت گیاهی است که از حدود ۵۰ درجه عرض شمالی تا ۴۲ درجه عرض جنوبی رشد می کند. مهمترین عوامل محیطی موثر بر رشد ذرت عبارتند از :

دما: نیاز حرارتی ذرت در دوره رشد نسبتاً زیاد بوده و لذا کاشت آن در مناطق گرم بهترین محصول را تولید می نماید. مناسب ترین محیط برای کشت، ناحیه ای است که دمای آن به مدت ۳ تا ۴ ماه متوالی، ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی گراد باشد. در صورتی که دمای اواسط تابستان در ناحیه کشت ذرت به کمتر از ۱۸ درجه سانتی گراد برسد و یا میانگین دمای تابستان کمتر از ۱۳ درجه باشد، میزان رشد گیاه کاهش یافته و در صورت طولانی شدن کاهش دما، کشت ذرت غیر ممکن خواهد بود(کریمی،۱۳۸۳).

رطوبت: معمولا در مراحل گسترش برگ ها، گرده افشانی و تشکیل دانه که اغلب در ماه های گرم تابستان صورت می پذیرد، گیاه به آب زیادی نیاز دارد. تعداد دفعات آبیاری تحت تاثیر شرایط خاک و آب و هوا قرار داشته و بین ۲ تا ۱۵ بار در طول فصل متغیر است. زراعت ذرت در مناطقی که بارندگی سالیانه ۶۰۰ تا ۷۰۰ میلیمتر (با پراکندگی مناسب) دارند به صورت دیم هم امکان پذیر می باشد(خدابنده، ۱۳۷۷).

خاک: میزان عملکرد ذرت در خاک های عمیق، حاصلخیز و زهکش دار با بافت متوسط بیشتر است. بنابراین خاکهای آهکی هوموسی، رسی و شنی بسیار مناسبند. این گیاه نسبت به کمبود اکسیژن که ناشی از افزایش رطوبت خاک یا وجود لایه های فشرده در محیط ریشه می باشد، بسیار

حساس است. ذرت قادر است در خاک هایی با pH ۵/۵ تا ۸ رشد نماید. هر چند pH مناسب برای آن در حدود ۶ بوده و مقادیر کمتر از آن معمولا میزان جذب کلسیم را در گیاه کاهش می دهد.

نور: یکی دیگر از عوامل محیطی بسیار مهم و موثر برای رشد و نمو و عملکرد مناسب در این گیاه، وجود نور کافی می باشد. بنابراین در مناطقی که در دوره رشد ذرت نور کافی وجود نداشته باشد، این گیاه نمی تواند رشد طبیعی خود را به طور کامل انجام داده و علاوه بر دیررسی در ارقامی که جهت تولید دانه یا بذر کاشته شده باشند، به علت کاهش فتوسنتز، بذر کافی تولید نمی شود و از کیفیت دانه ها نیز کاسته خواهد شد(خدابنده، ۱۳۷۷).

۱-۱-۳- زمان کاشت ذرت

زمان کاشت به شدت وابسته به عوامل جوی بویژه حذف خطر یخبندان و شروع بارانهای موسمی است. بهترین زمان برای کاشت ذرت، زمانی است که دمای خاک در عمق ۷ تا ۸ سانتی متری به مدت ۳ تا ۴ روز متوالی در فصل بهار، تقریبا ۱۳ درجه سانتی گراد باشد.

۱-۱-۴- نیازهای غذایی ذرت

ذرت گیاهی سریع الرشد است و با توجه به عواملی مانند بافت خاک، تناوب زراعی، شرایط جوی محیط و رقم گیاهی از نظر مصرف (ذرت دانه ای، علوفه ای سیلوئی و علوفه ای سبز)، مواد غذایی زیادی را از خاک جذب نموده و بنابراین در دوره رشد و نمو به مواد غذایی مختلف و نسبتا زیادی نیاز دارد که باید به مقدار کافی در اختیار گیاه قرار داده شود. این گیاه به مواد آلی نیاز بالایی داشته و در زمین هایی که این مواد به اندازه کافی وجود داشته باشد، رشد ذرت افزایش یافته و مقدار محصول قابل توجه خواهد بود. به موازات استفاده از کودهای دامی و سبز، ذرت به مواد معدنی نیز احتیاج دارد که باید در مراحل مختلف رشد به زمین اضافه گردد.

نیتروژن: به طور کلی مقدار مصرف کودهای شیمیایی با توجه به مقدار عناصر موجود در خاک، زودرسی رقم، مقدار آب در اختیار گیاه، شرایط جوی و غیره تغییر می نماید(خدابنده، ۱۳۷۷). برای تامین میزان نیتروژن مورد نیاز گیاه بهتر است کود نیتروژن در بهار و در دو مرحله به زمین اضافه شود. معمولا نیمی از کود را در زمان کاشت و بقیه را در اواسط دوره رشد در اختیار ذرت قرار می دهند. در واقع در فاصله ماههای تیر و مرداد که رشد اندامهای هوایی گیاه بسیار زیاد است و گل آذین های نر و ماده نیز بوجود می آیند احتیاج شدیدی به نیتروژن احساس می گردد. هر گاه نیتروژن به مقدار کافی در اختیار گیاه نباشد، علائم کمبود این ماده در اندامها ظاهر شده، در نتیجه بوته ها کوتاه مانده و در صورتی که کمبود ادامه یابد برگها باریک و زرد می شوند(خدابنده، ۱۳۷۷).

فسفر: فسفر یکی از عناصری است که ذرت به آن نیاز فراوانی دارد و حدود ۶۰ تا ۷۰ درصد اسید فسفریک مورد نیاز ذرت از زمان تلقیح تا موقعی است که دانه ها بخوبی تشکیل می گردند. هرگاه در زمینی که ذرت کاشته می شود فسفر به اندازه کافی نباشد، گرده افشانی گیاه به تعویق افتاده و به طور ناقص انجام شده، رشد گیاه و رسیدن میوه ها نیز به تاخیر می افتد. دانه بندی در روی میوه به خوبی انجام نشده و ردیف دانه ها در روی میوه نیز به طور نامنظم تشکیل شده و قسمت بالای میوه نیز بدون دانه باقی می ماند. بنابراین بهترین زمان مصرف کود فسفر هنگام کاشت می باشد. در اثر کمبود فسفر در ذرت برگها سبز تیره و گاهی ارغوانی شده، ساقه ها نیز به رنگ ارغوانی در آمده و بوته ها کوتاه می مانند.

پتاسیم: وجود پتاسیم نیز مانند سایر عناصر برای رشد و نمو ذرت ضروری است. جذب این ماده زودتر و سریعتر از ترکیبات فسفر شروع می گردد، به طوری که از زمان تولید جوانه، پتاسیم شروع به جذب شدن می نماید و تا حدود سه هفته پس از گل دادن جذب آن ادامه پیدا می کند. در صورتی که پتاسیم به مقدار کافی در اختیار ذرت نباشد، رشد گیاه کاهش یافته، رنگ برگها سبز مایل به زرد شده، حاشیه و نوک برگها خشک گردیده و منظره سوختگی پیدا می نمایند. در صورتی که کمبود

پتاسیم شدید باشد برگها به سختی آسیب دیده، گیاه کوچک مانده و تنها بخشهای کوچکی از برگها به رنگ سبز باقی می ماند. قسمت انتها و یا نوک میوه ها دانه نبسته و به طور کلی مقاومت گیاه نیز در برابر بیماریها کم می شود. همچنین نشاسته و قند کافی نیز در دانه ها بوجود نخواهد آمد و سرانجام از کیفیت محصول کاسته می شود(خدابنده، ۱۳۷۷).

۱-۲- کودهای زیستی

افزایش جمعیت دنیا و لزوم تولید بیشتر محصولات کشاورزی در پنجاه سال اخیر، فشار بر زمینهای کشاورزی از طریق کاربرد مقادیر بیشترکودهای شیمیایی را در پی داشته است. مقدار کل کودهای شیمیایی مصرفی (بر اساس عنصر) در جهان در سال ۱۹۶۱ تقریبا معادل ۱۰ میلیون تن بوده است، درحالیکه در چهار دهه اخیر مصرف کودهای نیتروژن و فسفر به ترتیب ۹ و ۴ برابر شده است(وانس، ۲۰۰۱). بر اساس گزارش سازمان کشاورزی و خواربار جهانی فائو بین ۶۰-۴۰ درصد افزایش تولیدات کشاورزی در جهان طی چند دهه گذشته مرهون مصرف کودهای شیمیایی بوده است(بی نام، 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 براین مشکلات اکولوژیکی و در عین حال افزایش تولید محصولات زراعی نیازمند بهبود تکنیک های نوین زراعی است. از جمله این تکنیک ها 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 نگهدارنده ای با انبوه متراکم یک یا چند موجود مفید خاکزی و یا به صورت فرآورده های متابولیت این موجودات می باشند که در ناحیه اطراف ریشه و یا بخش های داخلی گیاه تشکیل کلونی داده و رشد گیاه میزبان را با روشهای مختلف تحریک می کنند(ویو و همکاران، ۲۰۰۵). کاربرد تولیدات زیستی در تغذیه گیاهان زراعی به عنوان راهکاری بنیادین برای توسعه سیستم های 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(ماناف و کلوپر، ۱۹۹۴). از انواع کودهای زیستی می توان به باکتری های ریزوسفری محرک رشد گیاه ، قارچ های میکوریزا و میکروارگانیسم های حل کننده فسفات اشاره نمود(زهیر و همکاران، ۲۰۰۴). نخستین مایه تلقیح کود زیستی باکتری رایزوبیوم به نام نیتراجین توسط هیلتنر و ناب در امریکا در سال ۱۸۹۵ صورت گرفت(وسی، ۲۰۰۳). ریز موجوداتی که به عنوان کود زیستی به کار می روند، 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 می گیرند که با استفاده از تثبیت بیولوژیکی نیتروژن، افزایش قابلیت دسترسی به عناصر غذایی (به عنوان مثال با انحلال فسفاتها) و یا افزایش توانمندی گیاهان در جذب مواد غذایی (توسعه سیستم ریشه ای) سبب افزایش رشد گیاه شوند(اکان و لاباندرا گونزالز، ۱۹۹۴)، به همین دلیل در تولید کودهای زیستی از ترکیب انواعی از ریز موجودات استفاده می شود تا به طور همزمان رشد گیاه با روشهای مختلف تحت تاثیر قرار گیرد. ویو و همکاران (۲۰۰۵) نشان دادند که کاربرد نوعی کود زیستی حاوی انواع باکتری های تثبیت کننده نیتروژن (*Azotobacter chroococum*)، حل کننده فسفات (*Bacillus megaterium*) و حل کننده پتاسیم (*B.mucilaginous*) به همراه قارچ های میکوریزی (*Glomus mosseae* و *Glomus intraradices*) علاوه بر افزایش رشد ذرت و تجمع مواد غذایی در گیاه، سبب بهبود برخی خصوصیات خاک مانند مقدار مواد آلی و مقدار کل نیتروژن گردید.

۱-۲-۱ - اهمیت کاربرد کودهای آلی و ورمی کمپوست در کشاورزی

مواد آلی کلید اصلی حاصلخیزی و باروری خاک محسوب می شوند. برای حفظ سطح حاصلخیزی و قدرت تولید یک خاک، میزان ماده آلی آن باید در سطح مناسبی حفظ گردد(باروزینی و

دلزان، ۱۹۹۲). این مواد تاثیرات قابل ملاحظه ای بر خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک دارند. همچنین بدلیل جرم حجمی کم، باعث کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک و بدلیل حالت اسفنجی باعث افزایش تخلخل و ظرفیت نگهداری آب خاک بویژه در خاکهای شنی و سبک می شوند(سرا و همکاران، ۱۹۹۶). مواد آلی بصورت سیمانی ذرات خاک را بهم متصل نموده و بدین صورت در تشکیل و پایداری خاکدانه ها و افزایش مقاومت خاک نسبت به فرسایش نقش مهمی دارند(برزگر و همکاران، ۱۹۹۷ و رانگاسامی و آلسون، ۱۹۹۱). در بسیاری از نقاط جهان ساختمان خاک و پایداری آن برای تولیدات کشاورزی نامناسب گردیده است. عواملی مانند کاهش میزان ماده آلی، افزایش میزان سدیم تبادلی و کاهش میزان فعالیت موجودات خاک در این امر دخالت دارند. تخریب ساختمان خاک باعث کاهش سرعت نفوذ آب به خاک و کاهش تهویه آن شده و در نهایت کاهش عملکرد محصولات زراعی را به دنبال دارد(دکستر، ۱۹۸۸). متاسفانه میزان مواد آلی خاکهای زراعی کشور عمدتاً کمتر از یک درصد است که این امر معلول مصرف بی رویه کودهای شیمیایی به خصوص کودهای ازتی و عدم استفاده از کودهای آلی در چند سال اخیر است(ملکوتی، ۱۳۷۸). یک راه حل برای افزایش مقدار مواد آلی خاکهای زراعی، استفاده از کودهای آلی از قبیل کود حیوانی و کود سبز می باشد، منتهی استفاده تنها از این منابع آلی جوابگوی نیاز خاکهای زراعی کشور به کود آلی نخواهد بود(بای بوردی و همکاران، ۱۳۷۹). از آنجایی که تجزیه ضایعات کشاورزی با نسبت C/N بالا در حالت طبیعی به زمان زیادی نیاز دارد و از طرفی مصرف مستقیم آنها در خاک باعث ایجاد رقابت بین گیاه و ریزجانداران موجود درخاک بر سر استفاده از نیتروژن می شود، بنابراین تجزیه سریع این ضایعات با استفاده از ریزجانداران تجزیه کننده سلولز با ایجاد شرایط مناسب نظیر دما و رطوبت و تهویه برای برطرف کردن مشکلات مزبور ضروری است(ملکوتی، ۱۳۷۸). در حقیقت تولید کمپوست بقایای کشاورزی علاوه بر پایین آوردن نسبت C/N، دو مشکل عمده آنها یعنی حجیم بودن و غلظت کم عناصر غذایی در آنها را برطرف می کند(محمدی و گل تپه، ۱۳۷۶). اخیراً فرآیند تولید

کمپوست با استفاده از کرم های خاکی کمپوست کننده چون *Eisenia fetida*، به عنوان یک فناوری آسان و یک فرآیند طبیعت دوست، برای بدست آوردن کود آلی از مواد زائد و تثبیت موادی چون لجن، فاضلاب خانگی، شهری و صنایع مورد توجه قرار گرفته است(جیابل و کاپوسوامی، ۲۰۰۱). تهیه ورمی کمپوست به منظور تبدیل ضایعات آلی به کود آلی با ارزش و غنی شده در مقایسه با فرآیند تهیه کمپوست، از ارزش غذایی بالا به دلیل افزایش معدنی شدن و درجه هوموسی شدن برخوردار می باشد(جیابل و کاپوسوامی، ۲۰۰۱؛ کاپوسوامی و همکاران، ۱۹۹۲). با مصرف کودهای آلی، میزان مواد آلی خاک افزایش یافته و موجب بهبود فعالیتهای میکروبی خاک و بهتر فراهم کردن عناصر ماکرو و میکرو مورد نیاز گیاه می شود و تلفات عناصر را از خاک کاهش داده که می توان ضمن دستیابی به عملکرد مطلوب تداوم آنرا در طی زمان حفظ کرد(یاداو و همکاران، ۲۰۰۰؛ یاداویندر و همکاران، ۲۰۰۴). ارزش غذایی ورمی کمپوست در مقایسه با سایر کمپوست های آلی به مراتب بیشتر گزارش شده است(مامو و همکاران، ۱۹۹۸-۱۹۹۹). به دلیل اینکه معمولا استفاده از کمپوست یا سایر مواد آلی به تنهایی قادر به تامین نیتروژن مورد نیاز گیاه نیست، افزودن کودهای شیمیایی نیتروژنی به خاک ضروری به نظر می رسد(رانوا و سینگ، ۱۹۹۹). بدیهی است با مصرف توام ورمی کمپوست و کودهای شیمیایی می توان مقدار مصرف کودهای شیمیایی را کاهش داد. در ضمن افزودن مواد آلی به خاک سبب کاهش آلودگی محیط زیست و افزایش فعالیت ریزجانداران خاک می شود(آرنود و همکاران، ۲۰۰۰). استفاده از ورمی کمپوست مشکلات زیست محیطی را در امر کشاورزی به حداقل می رساند و این نتیجه ای است که در استفاده از کودهای شیمیایی مشاهده نمی شود(حق پرست، ۱۳۷۲؛ مارتین و همکاران، ۱۹۹۷). مصرف ورمی کمپوست نسبت به کودهای دامی و حتی کمپوست های معمولی ارجحیت دارد(اتیه و همکاران، ۲۰۰۰ و ۲۰۰۱). تحقیقاتی که بر روی اثر ورمی کمپوست ها روی رشد گیاه‌ان مختلف صورت گرفته (اتیه و همکاران، ۱۹۹۹و ۲۰۰۰؛ ادواردزوباروز،

۱۹۸۸؛ آرانسون و همکاران، ۲۰۰۴؛ سابلر و همکاران، ۱۹۹۸) همگی نشان دهنده این مطلب بوده اند که ورمی کمپوستها بطور معنی داری باعث افزایش جوانه زنی و توان رشد گیاهان می شوند.

۱-۲-۲- آشنایی با تاریخچه ورمی کمپوست

تبدیل زباله به کمپوست یکی از روشهای دفع بهداشتی زباله است(اصغرنیا و همکاران، ۱۳۷۹؛ پرورش و شاه منصوری، ۱۳۷۳؛ یوسفی و همکاران، ۱۳۸۲). مردم چین در تولید کمپوست از زباله، با قدمتی ۳۰۰۰ ساله سرآمد جهانیان هستند(عمرانی، قاسمعلی. ۱۳۷۷). روشهای متعددی برای تولید کمپوست وجود دارد که از جمله آن استفاده از کرم خاکی است(اصغرنیا و همکاران، ۱۳۷۹؛ پرورش و شاه منصوری، ۱۳۷۳؛ یوسفی و همکاران، ۱۳۸۲). مطالعات دیگری نیز در مورد توانایی کرمهای خاکی برای تبدیل مواد زائد آلی در آلمان توسط پروفسور گراف در سال ۱۹۷۴ و بعد در آمریکا در سال ۱۹۷۷ صورت گرفت. متعاقباً در انگلستان نیز مطالعاتی در زمینه استفاده از کرمهای خاکی برای تجزیه زایدات گیاهی و حیوانی و تبدیل آنها به کمپوست به عمل آمد. در کشورهای خاور دور به عنوان مثال تایلند از سال ۱۹۳۹ تاکنون در حدود ۲۸ نوع مختلف از کرمهای خاکی شناسایی شده که برای پرورش در آن منطقه مناسب است. طبق گزارشات موجود، کشور ژاپن تحقیقات گسترده ای بر روی کرمهای خاکی از جمله *Eisenia fetida* داشته و کاربردهای مختلف آن را بررسی نموده است(اصغرنیا و همکاران، ۱۳۷۹؛ پرورش و شاه منصوری، ۱۳۷۳؛ یوسفی و همکاران، ۱۳۸۲). طرح تولید کمپوست از زباله توسط کرم های خاکی، ابتدا در کشورهای ایالات متحده آمریکا و ژاپن و سپس در کشورهای اروپایی مثل انگلیس، فرانسه، آلمان، سوئیس و مجارستان رواج یافت و هم اکنون در بسیاری از کشورهای آسیایی مانند هند، فیلیپین، مالزی و ارمنستان در حال اجرا می باشد. در سال ۲۰۰۳ میزان تولید ورمی کمپوست در ایسلند یک میلیون تن برآورد شده است. این طرح در سالهای اخیر در کشور هندوستان نیز توسعه و گسترش زیادی یافته و مراکز مختلفی در سطح وسیع و تجاری به این امر

مشغول اند. کشاورزان کوبایی در جهت تولید و مصرف ورمی کمپوست تا آنجا پیشرفت داشته اند که به جای کودهای شیمیایی نیز از این کود استفاده می کنند. بررسی ها نیز تایید کننده همین مطلب است که ورمی کمپوست را دارای موازنه مناسبی از عناصر غذایی دانسته اند به طوری که می تواند بعنوان کود کامل بصورت گرانوله مصرف شود(سماوات و همکاران، ۱۳۸۰). در ایران فعالیت های متعددی در این زمینه در حد پایان نامه های دانشجویی انجام شده است. برای اولین بار در ایران جهاد دانشگاهی در مجتمع تحقیقاتی هشتگرد اقدام به راه اندازی سایت پرورش کرم خاکی و تولید ورمی کمپوست کرد. پس از آن چند مرکز دیگر در شهرهای مختلف کشور در این زمینه فعال شد. هم اکنون در چند مرکز در شهرهای بزرگ از جمله تهران، اصفهان، یزد و مراکز ورمی کمپوست در منطقه شمال کشور در سطح تجاری در دست اجراست که امید است با گسترش آگاهی و دانش مربوط به این فناوری روز به روز بر توسعه آن افزوده شود.

۱-۲-۳- آشنایی با مفهوم ورمی کمپوست

واژه ورمی کمپوست (Vermicompost) از دو جزء vermi و compost تشکیل شده که به معنای کمپوست کرمی یا کمپوستی است که از کرم به دست آمده است. ورمی کمپوست، عبارت است از کود آلی بیولوژیکی که در اثر عبور مداوم و آرام مواد آلی در حال پوسیدگی از دستگاه گوارش گونه هایی از کرم های خاکی و دفع این مواد از بدن کرم حاصل می شود(ساتی، ۲۰۰۴). تولید ورمی کمپوست فناوری استفاده از انواع خاصی از کرم های خاکی (کرم قرمز حلقوی گونه *Eisenia fetida*) است که به دلیل توان رشد و تکثیر بسیار سریع و نیز توانایی چشمگیر برای مصرف انواع مواد آلی زائد، این مواد را که غالبا در محیط فراهم هستند به یک کود آلی با کیفیت ممتاز تبدیل می کند(اتیه و همکاران، ۲۰۰۰ و ۲۰۰۱). عبور آرام، مداوم و مکرر مواد آلی از مسیر دستگاه گوارش کرم خاکی همراه با اعمال خرد کردن، ساییدن، به هم زدن و مخلوط کردن که در بخش های مختلف این مسیر

انجام می شود و نیز آغشته کردن این مواد به انواع ترشحات سیستم گوارشی مانند ذرات کربنات کلسیم، آنزیم ها، مواد مخاطی، متابولیت های مختلف، میکروارگانیسم دستگاه گوارشی و بالاخره ایجاد شرایط مناسب سنتز اسید هومیک، در مجموع مخلوطی را تولید می کنند که خصوصیاتی کاملا متفاوت با مواد فرو برده شده پیدا کرده است(فیتپاتریچ و همکاران، ۱۹۹۸؛ گاندی و همکاران، ۲۰۰۲؛ ساتی، ۲۰۰۴). داروین، زیست شناس معروف انگلیسی اولین فردی بود که به نقش مفید این موجودات پی برد و نشان داد که محیط زیست تا چه حد به فعالیت چنین موجوداتی نیازمند است. کود ورمی کمپوست یک کود بسیار قوی و مفید برای گیاهان، زمین های زراعی، فضای سبز و میوه جات به شمار می رود(باچمن و متزگر، ۱۹۸۸؛ توماتی و همکاران، ۱۹۸۸). این کود آلی سبک، فاقد هر گونه بو و عاری از بذر علفهای هرز است(اتیه و همکاران، ۲۰۰۲a). در مقایسه با مواد مادری اولیه، ورمی کمپوست دارای نمک محلول کمتر، ظرفیت تبادل کاتیونی بیشتر و میزان هیومیک اسید بیشتری می باشد(اتیه و همکاران، ۲۰۰۱). وجود عناصر غذایی مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم به فرمی که به آسانی برای گیاه قابل جذب و دسترسی است از دیگر فواید کاربرد ورمی کمپوست به شمار می رود(اتیه و همکاران، ۲۰۰۱؛ اروزکو و همکاران، ۱۹۹۶). همچنین ورمی کمپوست ها حاوی مواد بیولوژیکی فعال بوده که همانند تنظیم کننده های رشد عمل می کنند(توماتی و همکاران، ۱۹۸۳ و ۱۹۸۷). از ورمی کمپوست می توان به عنوان یک محیط کشت حامل برای کشت انواع کودهای زیستی دیگر استفاده کرد.

۱-۲-۴- خصوصیات ورمی کمپوست

ورمی کمپوست از جمله کودهای زیستی به شمار می رود که دارای اثرات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک فراوانی بر خاک تحت کشت گیاهان می باشد(آرانسون و همکاران، ۲۰۰۴؛ اتیه و همکاران، ۲۰۰۱؛ محبوب خمامی، ۲۰۰۵). .برخی از محققین با بررسی و تجزیه ورمی کمپوست ها خواص

فیزیکی و شیمیایی آن را مشخص نموده اند. بر این اساس ورمی کمپوست ها، پتانسیل تجاری بالایی به عنوان یک محیط کشت برای گیاهان زراعی، گلدانی و سبزیجات در صنعت باغبانی و زراعی دارند.

۱-۲-۴-۱- خواص فیزیکی

ورمی کمپوست از موادی پیت مانند همراه با خلل وفرج، تهویه و زهکشی مناسب و ظرفیت بالای نگهداری آب ساخته شده که دارای سطوح بزرگی برای جذب بالای مواد غذایی می باشد(ادوارز و باروز، ۱۹۸۸). در فرآیند تولید ورمی کمپوست، موادآلی ناپایدار بطور هوازی اکسید شده و به حالت پایدار تبدیل می شوند(آلبانل وهمکاران، ۱۹۸۸). سیستم هاضمه بی همتای کرم های خاکی باعث ایجاد پوشش پلی ساکاریدی بر روی پسماند کرم ها شده که این مساله باعث فراهم شدن ساختاری مناسب برای خاک با حداکثر تهویه و نگهداری آب می شود(باچمن و متزگر، ۱۹۹۸). ظرفیت نگهداری آب ورمی کمپوست ۲/۲۵ برابر محیط کشت شاهد بوده و درصد تهویه و تخلخل کل نیز در آن افزایش معنی داری نسبت به محیط کشت شاهد دارد(اتیه و همکاران، ۲۰۰۱). رایت و همکاران (۲۰۰۴) در بررسی ورمی کمپوست بقایای مواد غذایی بر روی رشد ریشه خیار به این نتیجه رسیدند که افزودن ۱۰ درصد حجمی ورمی کمپوست باعث ۱۹۲ درصد افزایش در وزن تر ریشه گیاه در نهال های خیار در هفته دوم پس از کاشت می شود. در برخی از گزارشات علت افزایش رشد گیاهان در اثر کاربرد کمپوست، به علت ازدیاد مواد آلی، بهبود خواص فیزیکی خاک و تامین عناصر غذایی کم مصرف و پرمصرف گزارش شده است(رجائی و کریمیان، ۱۳۷۸).

۱-۲-۴-۲- خواص شیمیایی

کاربرد کودهای آلی در کشاورزی باعث افزایش میزان ماده آلی خاک شده و با تاثیر مثبت بر خصوصیات شیمیایی خاک مثل CEC، pH و میزان قابلیت دسترسی به مواد غذایی افزایش باروری

خاک را بدنبال دارد. ورمی کمپوستها حاوی مواد بیولوژیکی فعال و مواد هومیکی بوده که همانند تنظیم کننده های رشد عمل می کنند(اتیه و همکاران، ۲۰۰۲b؛ توماتی و همکاران، ۱۹۸۳ و۱۹۸۷؛ ماسیاندارو و همکاران، ۱۹۹۷؛ موسکولو و همکاران، ۱۹۹۹). این مواد به طور طبیعی در کود حیوانی پوسیده، فاضلاب یا زباله های کاغذ نیز وجود دارد، اما میزان آن در ورمی کمپوست بسیار بیشتر است. کاربرد مقادیر متفاوتی از اسید هومیک استخراج شده از ورمی کمپوست در محیط کشت بدون خاک باعث افزایش معنی دار رشد گوجه فرنگی و خیار می شود(آرانسون و همکاران، ۲۰۰۴). همچنین در شرایطی که مواد غذایی به طور کافی در دسترس گیاه قرار می گیرد، افزایش رشد و عملکرد گیاه می تواند ناشی از نقش اسید هومیک به عنوان تنظیم کننده رشد یا ناشی از جذب هورمونهای تنظیم کننده رشد به سطح مواد هومیکی باشد(وادریگی و همکاران، ۱۹۹۶). آرانسون و همکاران (۲۰۰۴) بیان کردند که افزایش میزان مواد هومیکی در ورمی کمپوست باعث افزایش رشد و عملکرد توت فرنگی می شود. ارزشمندترین ویژگی ورمی کمپوست در عملکرد آنزیم ها، میکروارگانیسم ها و هورمون های مختلف موجود در آن است. کمپوست کرمی دارای آنزیم هایی نظیر پروتئاز، آمیلاز، لیپاز، سلولاز و کتیناز است که در تجزیه مواد آلی خاک و در نتیجه در دسترس قراردادن مواد مغذی مورد نیازگیاهان نقش موثری دارد(مارینار و همکاران، ۲۰۰۰). ویژگی یاد شده موجب می شود تا کمپوست کرمی به عنوان بهترین و اساسی ترین کود برای احیای زمین های بایر غیرقابل کشت به شمار رود. ورمی کمپوست نقش قابل توجهی در تامین عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف مورد نیاز گیاهان مانند نیتروژن، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، روی، منگنز، مس و آلومینیوم دارد(ارزکو و همکاران، ۱۹۹۶؛ هاشمی مجد و همکاران، ۲۰۰۴). ترکیبات کلاتی ورمی کمپوست برای جذب عناصر غذایی نسبت به کود دامی دارای حالت پایداری بیشتری است و از طرف دیگر میزان غلظت عناصر غذایی در واحد وزن ورمی کمپوست بیشتر از کود دامی است(نارندر و همکاران، ۲۰۰۱). استفاده از کرم های خاکی در تولید ورمی کمپوست موجب معدنی شدن نیتروژن شده و دسترسی گیاهان به این

عنصر غذایی را سهل و آسان می کند. بخش عمده نیتروژن معدنی موجود در ورمی کمپوست به صورت نیترات (فرم قابل جذب توسط گیاه) است(اتیه و همکاران، ۲۰۰۱). جایگزینی ورمی کمپوست با محیط کشت خاک باعث کاهش معنی دار غلظت آمونیوم شده و بر عکس غلظت نیترات با افزایش میزان مصرف ورمی کمپوست به طور خطی افزایش می یابد(اروزکو و همکاران، ۱۹۹۶؛ وبنیتز؛ ۱۹۹۹). در واقع ترکیب ورمی کمپوست با محیط کشت خاک باعث افزایش غلظت نیتروژن معدنی کل و کاهش نسبت آمونیوم به نیترات می شود(تیلر، ۱۹۹۳). چائوی و همکاران (۲۰۰۳) با استفاده از نتایج (ادواردز، ۱۹۹۵؛ توماتی و همکاران، ۱۹۹۴؛ ژائو و هانگ، ۱۹۸۸؛ لوئی و همکاران، ۱۹۹۱) بیان کردند که کاربرد ورمی کمپوست وزن خشک کل گیاه و جذب نیتروژن توسط آن را افزایش می ده‌د. عملکرد گیاه گندم و وزن خشک اندام های هوایی در تحقیق آنها در تیمارهای کود شیمیایی و کمپوست نسبت به تیمار ورمی کمپوست کمتر بوده و نشانه هایی از تنش شوری برای گیاهان دو تیمار فوق مشاهده شد که این حالت در تیمار ورمی کمپوست وجود نداشت. کانتازارو و همکاران (۱۹۹۸) و کاکس (۱۹۹۳) در خصوص اثرات متقابل مثبت بین آزاد سازی عناصر از ورمی کمپوست وجذب گیاهی بیان نمودند که آزادسازی تدریجی عناصر باعث افزایش جذب آنها شده و آبشویی عناصر خاک را کاهش می دهد.

ورمی کمپوست با دارا بودن هورمون های گیاهی نظیر اکسین، سیتوکینین، جیبرلین و ویتامین ها و آنتی بیوتیک های مناسب برای گیاهان به شکل موثری موجب تحریک رشد آنها شده و باعث افزایش جذب مواد مغذی و در نهایت افزایش کمی و کیفی محصولات کشاورزی می شود. لذا می توان این کود را در زمره مواد محرک رشد گیاه قرار داد(ساتی، ۲۰۰۴؛ پیت و همکاران، ۲۰۰۵). pH ورمی کمپوست درحد pH بهینه (۶/۵-۷/۵) برای رشد گیاه است(اتیه و همکاران، ۲۰۰۱). در طی آزمایشهایی از علف هرز *Tripura bisspinosa* ورمی کمپوست تهیه گردید. کاربرد این نوع ورمی کمپوست باعث تغییر pH خاک به سمت خنثی و افزایش غلظت نیتروژن، فسفر، پتاسیم و کلسیم قابل

دسترس شد، اما در میزان منیزیم قابل دسترس تغییری ایجاد نکرد(چادهوری و همکاران، ۲۰۰۱). بر اساس گزارش برخی از محققین در سطوح کاربردی مشابه، ورمی کمپوست ها pH بستر کشت را کمتر از کمپوست افزایش می دهند(سابلر و همکاران، ۱۹۹۸). یکی دیگر از مزایای ورمی کمپوست کند رها بودن این کود است، زیرا در عین حال که ماده آلی از میان دستگاه گوارش کرم کمپوستی عبور می کند، یک لایه نازک از چربی بر روی آنها رسوب کرده، این لایه در طی زمان بتدریج فاسد شده و خاصیت خود را از دست می دهد(هاشمی مجد و همکاران، ۲۰۰۴). بنابراین گرچه عناصر غذایی در کودهای غیر آلی برای گیاه فوراً قابل استفاده هستند، ولی در کودهای آلی و از جمله ورمی کمپوست در یک مدت طولانی تر به آهستگی آزاد می شوند(برگفورد و همکاران، ۲۰۰۵).

۱-۲-۴-۳- خواص بیولوژیکی

ورمی کمپوست یک کود زیستی و شامل یک مخلوط بیولوژیکی بسیار فعال از باکتریها، آنزیمها، بقایای گیاه‌ی و کود حیوانی می باشد که سبب ادامه عمل تجزیه مواد آلی خاک و پیشرفت فعالیتهای میکروبی در بستر کشت گیاه می گردد(برمنس، ۱۹۹۹). ورم ی کمپوست از طرفی، حاوی میکروارگانیسمهای هوازی مفید مانند ازتوباکتریها بوده و از طرف دیگر، عاری از باکتریهای غیرهوازی، قارچها و میکروارگانیسمهای پاتوژن می باشد. کود ورمی کمپوست تعداد عوامل بیماری زای گیاهی را به شدت کاهش داده و از این نظر بر کمپوست معمولی برتری دارد(مارتین و همکاران، ۱۹۹۷؛ آرانسون و همکاران، ۲۰۰۴). فعالیت میکروبی در ورمی کمپوست حاصل از کرمهای خاکی ۲۰-۱۰ برابر بیشتر از خاک و مواد آلی است. بنابراین به نظر می رسد عوامل میکروبی از فاکتور های کلیدی در افزایش رشد گیاه توسط ورمی کمپوست باشند(ادواردز، ۱۹۹۵؛ هیدالگو و همکاران، ۲۰۰۲). ترکیب ورمی کمپوست با خاک باعث افزایش فعالیت بیولوژیکی در خاک می شود(سراویلینگ و همکاران، ۱۹۹۶). مطالعات مانا و همکاران (۲۰۰۳) نیز در خصوص کاربرد ورمی کمپوست نشان داد

که فعالیت های بیولوژیکی خاک شامل تنفس در خاک، زیست توده کربن میکروبی و فعالیت های دی هیدروژناز در تیمارهای ورمی کمپوست بسیار بیشتر از تیمار های حاوی کود های شیمیایی بود. افزایش ماده آلی و یا کاربرد ورمی کمپوست باعث افزایش فعالیت های آنزیمی خاک نظیراسید فسفاتاز، دی هیدروژناز، پروتئاز و نیز تولید دی اکسیدکربن شده که در نتیجه افزایش فعالیت میکروبی را بدنبال دارد(ماریناری و همکاران، ۲۰۰۰). کیل و همکاران (۲۰۰۲) اظهار نمودند که برخی جمعیت های میکروبی خاکهای شالیزار شامل تثبیت کننده های نیتروژن، اکتینومایست ها و هاگ های قارچی با بکارگیری ورمی کمپوست افزایش یافته و همچنین جمعیت میکوریزایی همزیست با ریشهٔ گیاهان برنج نسبت به شاهد ۷ درصد افزایش داشت. تشخیص میزان فعالیت میکروبی ورمی کمپوست، از طریق فعالیت آنزیم دهیدرژوناز قابل بررسی است. فعالیت آنزیم دهیدرژوناز با کاربرد ۱۰۰ درصد ورمی کمپوست به طور معنی داری افزایش یافته و ترکیب ۵، ۱۰ و ۲۵ درصد ورمی کمپوست به محیط کشت خاک باعث افزایش ناچیزی در فعالیت این آنزیم می گردد در حالی که با کاربرد ۵۰ درصد ورمی کمپوست به محیط کشت، فعالیت این آنزیم بطور معنی داری افزایش می یابد(فورستر و همکاران، ۱۹۹۳).

۱-۲-۵- موارد استفاده از ورمی کمپوست

امروزه تولید ورمی کمپوست از پسماندهای غذایی یکی از روش های مناسب دفع مواد زاید به شمار می رود که محصول آن به عنوان کودی سودمند در کشاورزی کاربرد دارد. مطالعات زیادی در مورد خاصیت و قابلیت کودی این محصول صورت گرفته و قابلیت آن را در افزایش رشد و عملکرد گیاهان ثابت کرده است(گوپتا، ۲۰۰۴؛ فدریکو و همکاران، ۲۰۰۷). ورمی کمپوست دارای آنزیم ها و هورمون های رشد بوده و بر افزایش عملکرد محصولات مختلف مانند ذرت و برنج تاثیر بسزایی دارد(ریگی، ۲۰۰۳). عملکرد گوجه فرنگی با مصرف ۵ تن در هکتار ورمی کمپوست در مقایسه با ۱۵

تن در هکتار کود دامی، به طور معنی داری افزایش می یابد(نارندرو همکاران، ۲۰۰۱). زنکا پموزیک و همکاران (۲۰۰۲) در آزمایشات خود بر روی محصول کاهو به این نتیجه رسیدند که مصرف ۵ تن در هکتار ورمی کمپوست باعث تولید عملکرد مطلوب با حداقل میزان نیترات و حد مناسب عناصر غذایی در کاهو می شود. جذب و رهاسازی نیتروژن توسط ترکیبات هوموسی ورمی کمپوست کندتر از سایر کودهای آلی صورت می گیرد که این امر می تواند دلیل کاهش غلظت نیترات در صورت مصرف این کود آلی باشد، به طوری که باعث آزاد شدن نیتروژن بصورت تدریجی در مراحل مختلف رشدی گیاه می شود(شتی و همکاران، ۱۹۹۳). عملکرد محصول پیاز در فلوریدا با مصرف ۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست، ۲۵ درصد افزایش یافت. خاصیت انبارداری پیاز بیشترین تأثیر معنی دار را در قبال کاربرد ورمی کمپوست نشان می دهد(اوزرز هامپتون و اوبرزا، ۱۹۹۸). کاربرد کود ورمی کمپوست در مقایسه با کود دامی بیشترین تأثیر را بر عملکرد سیب زمینی دارد(نارندر و همکاران ، ۲۰۰۱). به دلیل بالا بودن درصد نیتروژن در ساختار کود کمپوست و ورمی کمپوست، کارایی استفاده از آن با کاربرد این کودها در محصولات غده ای نظیر سیب زمینی و پیاز که در طول فصل رشد به نیتروژن بیشتری نیاز دارند افزایش می یابد(باچمن و گلایسمن، ۱۹۹۲). دایکرسون، (۱۹۹۹) طی مقایسه ای که از نظر میزان عناصر غذایی کمپوست و ورمی کمپوست انجام داد به این نتیجه رسید که غلظت عناصر غذائی در ورمی کمپوست بطور معنی داری بیشتر از کمپوست بوده و بنابراین میزان کاربرد این مادۀ آلی بایستی حدوداً نصف کود کمپوست باشد. از آنجا که نیاز به عملکرد بالای محصولات همیشه مورد توجه بوده است، برخی از محققین استفاده توام کودهای شیمیایی و ورمی کمپوست و تاثیر آنها بر افزایش عملکرد گیاهان را در برنامه های تحقیقاتی خود قرار دادند(سماوات و همکاران، ۱۳۸۰). ورمی کمپوست تاثیر مثبتی بر روی توسعه ریشه، رشد گیاه و عملکرد محصولات زراعی دارد(مگینیس و همکاران، ۲۰۰۳). جایگزینی محیط کشت خاک با ۵ یا ۱۰ درصد ورمی کمپوست باعث افزایش وزن خشک نشاء گوجه فرنگی در مقایسه با شاهد می شود(اتیه و همکاران، ۲۰۰۰). همچنین عملکرد

بیولوژیک نخود با مصرف سه تن در هکتار ورمی کمپوست، بطور معنی داری در مقایسه با شاهد افزایش می یابد(جیت و آحلوت، ۲۰۰۴). در مطالعات انجام گرفته روی ارزن مرواریدی نیز افزایش قابل توجه عملکرد بیولوژیک در نتیجه کاربرد ورمی کمپوست نسبت به شاهد مشاهده گردید(هامدا و همکاران، ۲۰۰۶). اتیه و همکاران (۲۰۰۰)، پیت و همکاران (۲۰۰۵) و همچنین آرانسون و همکاران (۲۰۰۴) در مقایسه خود تحت عنوان توان ورمی کمپوست و کمپوست معمولی در رشد و عملکرد گیاه گوجه فرنگی نشان دادند که افزایش کود ورمی کمپوست در مقایسه با کمپوست معمولی و حتی افزودن کود دامی به گلدانهای گوجه فرنگی شاخص های رشد و عملکرد گیاه را بطور قابل توجهی افزایش می دهد. کاربرد ورمی کمپوست بر گیاه دارویی بابونه رومی باعث افزایش شاخص های رشدی از جمله تعداد گل در بوته می شود(لیوک و پانک، ۲۰۰۵). در آزمایشی که بر روی گیاه دارویی ریحان صورت گرفت، مشخص شد که تیمارهای حاوی ورمی کمپوست بطور چشمگیری باعث افزایش عملکرد دانه می گردد(عزیزی و همکاران، ۱۳۸۳). عملکرد بیولوژیک گیاه سورگوم و نعناع با کاربرد سطوح مختلف ورمی کمپوست در مقایسه با شاهد بطور قابل توجهی بهبود یافت(انوار و همکاران، ۲۰۰۵؛ کومار و همکاران، ۲۰۰۵). بررسی های صورت گرفته حاکی از آن است که اثرات مطلوب ورمی کمپوست بدلیل تغییر شرایط فیزیکی، شیمیایی و خصوصیات میکروبی و بیولوژیکی محیط کشت و همچنین تنظیم pH و افزایش معنی دار ظرفیت نگهداری آب در محیط کشت است(اتیه و همکاران، ۲۰۰۰؛ مگینیس و همکاران، ۲۰۰۳).

۱-۲-۶- تاریخچه میکوریزا

قارچهای میکوریزی از با اهمیت ترین میکروارگانیسم های موجود در اغلب خاکهای تخریب نشده می باشند. به طوری که بر طبق تخمین های موجود حدود ۷۰ درصد از توده زنده جامعه میکروبی خاکها را میلسیوم این قارچها تشکیل می دهد(موکرجی و چاملا، ۲۰۰۳). اولین گزارش

مبنی بر وجود این قارچها در اطراف ریشه گیاه میزبان و به وجود آمدن یک رابطه همزیستی میکوریزی به تحقیقات صورت گرفته توسط هارتینگ (۱۸۴۰) مربوط می شود. وی اگر چه این قارچها را به عنوان یک ارگانیسم مستقل معرفی نکرد، لیکن وجود ریشه های ظریف ویژه ای را در اطراف سیستم ریشه ای درخت کاج گزارش نمود. ریسیک (۱۸۴۷) این قارچها را به عنوان موجودی مستقل در همزیستی با گیاهان ارکیده شناسایی و معرفی کرد. کامینسکی (۱۸۸۱) بیان نمود که اطراف سیستم ریشه ای برخی از درختان با لایه ای از قارچ پوشیده شده است و عناصر غذایی موجود در خاک با عبور از این لایه به وسیله سیستم ریشه ای گیاه جذب می شوند. فرانک (۱۸۸۵) که به دنبال بررسی راهکارهایی به منظور کشت قارچهای خوراکی در منطقه جنگلی پروزیا بود، ساختمان حاصل از فعالیت مشترک ریشه گیاه میزبان و قارچهای میکوریزی 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 کلمه ای با ریشه لاتین rhiza که به معنی ریشه می باشد و بیان کننده رابطه همزیستی به وجود آمده بین ریشه گیاه میزبان و قارچهای میکوریزی است(موکرجی، ۱۹۹۶). از زمان شناسایی رابطه همزیستی میکوریزی تاکنون دانشمندان این رابطه همزیستی را از ابعاد مختلف تعریف کرده و اهمیت آن را یادآور شده اند. همزیستی، بین اغلب گیاهان آوندی (بیش از ۸۵ درصد) با قارچهای میکوریزی موجود در خاک و متعلق به سه کلاس آسکومیست، زیگومیست و بازیدیومیست به وجود می آید 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 می باشد(هارلی و اسمیت، ۱۹۸۳). این همزیستی بین گیاهان و قارچهایی که در سیستم ریشه ای گیاه و ساختمان ریشه مانند مستقر شده اند به وجود می آید و متعاقب آن در ابتدا انرژی از گیاه به قارچ همزیست منتقل شده و در ادامه عناصر غذایی از قارچ به گیاه منتقل می گردد(آلن، ۱۹۹۱). همزیستی میکوریزی یکی از شناخته شده

ترین و در عین حال گسترده ترین 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 میکوریزی می باشند با انتخاب و به کارگیری بهترین ترکیب گیاه میزبان و قارچ همزیست می توان به نحو موثری از این همزیستی در افزایش تولید محصولات کشاورزی استفاده کرد. همچنین با استفاده از این سیستم همزیستی می توان از طریق کاهش مصرف نهاده های شیمیایی از قبیل کودهای شیمیایی و سموم، سیستم کشت و کار سالم تر و محیط زیستی عاری از آلودگی های جانبی داشت(آبوت و رابسون، ۱۹۹۱). گیاهانی که دارای همزیستی میکوریزی می باشند به دلیل اینکه عناصر غذایی و آب بیشتری از خاک جذب می نمایند دارای رشد بهتری بوده و عملکرد بیشتری خواهند داشت. همچنین مقاومت بیشتری در برابر تنشهای زنده (عوامل بیماری زا که ریشه گیاهان را مورد حمله قرار می دهند) و غیر زنده (خشکی، سرما و شوری) از خود نشان می دهند(سیلویا و ویلیامز، ۱۹۹۲). رابطه همزیستی میکوریزی تمامی جنبه های بیولوژیکی سیستم ریشه گیاه میزبان را تحت تاثیر خود قرار می دهد. همچنین تمامی گیاهان به نحوی در ارتباط با رابطه همزیستی میکوریزی می باشند. با توجه به اینکه گیاهان اولین تولید کنندگان در هر اکوسیستمی می باشند. لذا می توان نتیجه گیری کرد تمامی موجودات زنده و تمامی اکوسیستم ها از باکتری ها گرفته تا انسان و از اراضی مرطوب تا صحراهای خشک به نوعی وابسته به روابط همزیستی میکوریزی می باشند(آلن، ۱۹۹۲). در گیاهان دارای همزیستی میکوریزی، عضو اصلی در جذب عناصر معدنی از خاک قارچ میکوریزی است. همچنین نتایج تحقیقاتی که اخیراً صورت گرفته است مؤید نظرات قبلی مبنی بر نقش کلیدی قارچهای میکوریزی در استقرار گیاهان اولیه در شرایط خشکسالی است(اسمیت و رد، ۱۹۹۷). از آنجایی که قارچهای میکوریزی موجب افزایش توانایی گیاه میزبان درجذب فسفر و عناصر معدنی از خاک و بخصوص از منابع غیر قابل دسترس آنها می شوند، لذا به این میکروارگانیسم های

مفید لفظ کود زیستی[1] اطلاق شده و عقیده بر این است که قارچهای میکوریزی می توانند جایگزین خوبی برای قسمتی از کودهای شیمیایی مصرف شده مخصوصا کودهای فسفاته در اکوسیستم های مختلف باشند(موکرجی و چامولا، ۲۰۰۳).

۱-۲-۶-۱- رابطه همزیستی میکوریز آربسکولار

رایج ترین نوع همزیستی میکوریزی که تقریبا در تمامی جوامع گیاهی از عرصه منابع طبیعی تا اراضی کشاورزی حضوری چشمگیر دارد رابطه میکوریز نوع آربسکولار می باشد. این نوع همزیستی، بین ریشه گیاهان بازدانه، نهاندانه، سرخس ها، خزه ها و قارچ های میکوریزی آرباسکولار متعلق به کلاس زیگومیست به وجود می آید. در بین نهاندانگان تعدادی از خانواده ها از جمله تاج خروسیان، کلمیان، سلمه ترگان و یوغ برگیان فاقد این نوع همزیستی می باشند. بقیه خانواده های گیاهی و بخصوص آنهایی که دارای ارزش اقتصادی برای انسان می باشند همگی از میزبان های این قارچها هستند. قارچهای میکوریز نوع آربسکولار بیوتروفهای اجباری می باشند بدین معنی که فقط در حضور گیاه میزبان مناسب قادر به اسپورزایی و تکمیل سیکل زندگی خود می باشند در حالیکه وابستگی گیاه میزبان به این قارچها با توجه به نوع گونه گیاه به دو صورت اختیاری و اجباری است. بر طبق شواهد دیرینه شناسی از عوامل اصلی استقرار گیاهان بر روی خشکی ها برقراری این نوع رابطه همزیستی میکوریزی بوده و بدین دلیل این قارچها تاثیر بسیاری بر نحوه تکامل سیستم ریشه ای داشته اند. تمامی این قارچها اندام خاصی را به نام آربسکول در پوست ریشه گیاه میزبان به وجود می آورند که در واقع محل تبادل عناصر غذایی بین دو همزیست می باشد. اندام خاص دیگری که در این نوع همزیستی به وجود می آید وزیکول نام دارد که در واقع مملو از مواد غذایی بوده و نقش ذخیره ای یا کلونیزه کردن گیاه میزبان را ایفا می نماید. از آنجایی که وزیکولها در دو جنس *Scutellospora* و

1- Biofertilizer

Gigaspora تشکیل نمی شوند، لذا به جای استفاده از نام قارچهای میکوریز وزیکولار – آربسکولار از واژه صحیح تر قارچهای میکوریز آربسکولار برای نامگذاری این قارچها استفاده می شود(اسمیت و رد، ۱۹۹۷؛ شارما و جوهری، ۲۰۰۲).

۱ -۲-۶-۲- نقش نظام های زراعی بر فعالیت و پایداری میکوریزا

۱-۲-۶-۲-۱- اثر شخم و جابجایی لایه های خاک بر فعالیت و پویایی میکوریزا

شاید اختلال در خاک از نظر تاثیر بر تشکیل میکوریزا، مستقیم ترین و موثرترین عامل ناشی از عملیات زراعی باشد. عوامل متعددی می توانند مسئول کاهش کلونیزاسیون ریشه و خاک در نتیجه اختلال در خاک باشند(ابوت و رابسون، ۱۹۹۱). ارتباط بین اختلال در خاک و کاهش کلونیزاسیون قارچ میکوریزای آرباسکولار[1] (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 خاک های اختلال یافته، جذب فسفر کاهش می یابد(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، ۱۹۸۶) و رابطه بین اختلال در خاک و تغذیه فسفر توسط گیاه با توسعه میکوریزا 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 اندام های تکثیر کننده قارچ در خاک بستگی دارد(جاسپر و همکاران، ۱۹۹۱).

1-Arbuscular Mycorrhizae

۱-۲-۶-۲-۲- اثر آیش بر فعالیت و پویایی میکوریزا

مشکل ناشی از آیش طولانی مدت همانند اختلال در خاک نوعی تنش محسوب می شود(فیکسن و همکاران، ۱۹۸۴)، به گونه ای که به تشکیل میکوریزا و کمبود تغذیه گیاه ارتباط دارد. در نتیجه آیش کلونیزاسیون قارچ میکوریزای آرباسکولار و تراکم اندام های آلوده کاهش می یابد(بلک و تینکر، ۱۹۷۹؛ کوکی و پاول، ۱۹۸۳؛ هارینی کومار و باگیاراج، ۱۹۸۸) و این موضوع به کمبود فسفر(تامسون، ۱۹۸۷) و فسفر(تامسون و همکاران، ۱۹۸۶) بستگی دارد. از طرف دیگر کاهش در کلونیزاسیون قارچ های میکوریزای آرباسکولار در شرایط آیش می تواند ناشی از افزایش شیوع آلودگی در ریشه ها توسط قارچ های بیماری زا ([*Bipolari sorokiniana*(sacc.) shoemaker]) باشد. این مطلب وجود اثرات آنتاگونیستی بین قارچ های AM و عوامل بیماری زا را تایید می کند(تامسون و ویلدرموس، ۱۹۸۸). اثر عوامل بیماری زا 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 تنش ها است. برای تشخیص مرگ و میر اندام های قارچ AM در غیاب گیاهان میزبان بعنوان یکی از عوامل منفی آیش، تامسون و ویلدرموس (۱۹۸۸) پیشنهاد کردند که کاشت گیاهانی با وابستگی پایین به قارچ های AM و با رشد زیاد و ریشه های قابل کلونی شدن پس از یک دوره طولانی آیش صورت گیرد.

۱-۲-۶-۲-۳- اثر تناوب زراعی بر فعالیت و پویایی میکوریزا

مزایای تناوب زراعی از مدت ها پیش شناخته شد با اینحال سیستم های تک کشتی از سال های ۱۹۵۰ عمومیت یافت. به طوری که از مواد شیمیایی برای کنترل علف های هرز، حشرات و بیماری ها استفاده شد. دلایل واکنش گیاه به تناوب بطور کامل شناخته نشده است(کروکستون و همکاران، ۱۹۹۱). واکنش متفاوت نسبت به کودهای شیمیایی معرف آن است که شناخت بهتر عوامل

می تواند به مدیریت مزرعه کمک کند. این واقعیت که رشد قارچ های میکوریزا تحت تاثیر شخم و تناوب (ویوکانادان و فیکسن، ۱۹۹۱) قرار می گیرد به برخی از تحقیقات استریمسکا (۱۹۷۵) در مورد سیستم های زراعی مرتبط با اثرات ازت و میکوریزا منتهی شد. اثرات مثبت تناوب بر کلونیزاسیون و تهیه اسپور قارچ AM در برخی از انواع تناوب (دود و همکاران، ۱۹۹۰) بررسی شده است و این در حالی است که مشخص شده است که تناوب (یا تک کشتی) با گیاهان غیر میزبان برای قارچ ها مضر است(بالتروچات و دهن، ۱۹۸۸). تحقیقات نشان داده است که تناوب نه تنها در حالت کلی بر تشکیل میکوریزا موثر است، بلکه می تواند سبب انتخاب گونه های قارچ VAM مناسب برای گیاهان زراعی مختلف شود(جانسون و همکاران، ۱۹۹۱). این نوع تغییرات وابسته به تناوب در شیوع گونه های قارچ VAM با آنچه که در مورد قارچ های بیماری زا رخ می دهد مشابه است، احتمالا به این دلیل که هیچ یک از عملیات ساده مدیریت در محدود ساختن عوامل بیماری زا موثرتر از از تناوب زراعی نیست(کوک، ۱۹۸۴). در مورد وجود ارتباط بین کاهش عملکرد با قارچ VAM در سیستم های کشت ممتد، چنین به نظر می رسد که گسترش زیاد قارچ سبب کاهش رشد گیاه می شود(جانسون و همکاران، ۱۹۹۲). جانسون و همکاران (۱۹۹۱) در سیستم ممتد تک کشتی، تشکیل جوامع قارچی را در خاک های با سابقه مختلف کشت در ارتباط با گیاه میزبان بررسی و تغییرات ایجاد شده در خصوصیات خاک را تشریح کردند. بنابراین انتخاب قارچ VAM برای استفاده در کشاورزی مستلزم شناخت اثرات تناوب می باشد.

۱-۲-۶-۲-۴- کشت مخلوط

قارچ های AM در انتقال عناصر غذایی بین ریشه گیاهان در کشت مخلوط موثر می باشند. وقوع این وضعیت به دلیل آن است که قارچ سبب اتصال ریشه های کلونی شده با یکدیگر می شود(ریتز و نیومن، ۱۹۸۴؛ ونکسل و همکاران، ۱۹۸۵). این مشاهدات مفهوم توزیع در جوامع گیاهی

از طریق حرکت عناصر غذایی با شیب غلظت بین قارچ های AM و گیاهان را روشن می کند(رید و همکاران، ۱۹۸۵). اگر چه سهم بالقوه این پدیده در ساختار جوامع گیاهی مشخص شده است(فیتر، ۱۹۸۵) ولی چگونگی سهم جریان عناصر غذایی در رشد و یا تغذیه گیاه مشخص نیست(هامل و همکاران، ۱۹۹۱). نقش بالقوه قارچ AM بعنوان واسطه در انتقال عناصر غذایی بین مخلوط گیاهان بقولات و غیر بقولات مورد توجه قرار گرفته است(ون کسل و همکاران، ۱۹۸۵)، زیرا گیاهان بقولات ازت بیولوژیکی تثبیت شده را برای گیاهان غیر بقولات فراهم می کنند(هینز، ۱۹۸۰). البته کشت همزمان علف های چمنی همراه با گیاهان بقولات پیچیده بوده و می تواند منجر به افزایش عملکرد (کرئکستون و هیل، ۱۹۷۹) یا کاهش عملکرد (هال، ۱۹۷۸) شود. از طریق آزمایش های مربوط به میکوریزا ملاحظه شده است(بتلن فالوی و همکاران، ۱۹۹۱؛ هامل و اسمیت، ۱۹۹۱) که میزان ورود ازت توسط بقولات به سیستم کشت مخلوط با دسترسی به فسفر مرتبط است(ووس و شرادر، ۱۹۸۴). بهره برداری موثرتر از قارچ های میکوریزا درکشت مخلوط مستلزم تعیین سازگاری قارچ با گیاهان میزبان و درک زمان حداکثر تقاضای مخزن توسط گیاهان همراه است.

۱-۲-۶-۲-۵- اثر کودهای شیمیایی مورد استفاده در کشاورزی بر جمعیت میکوریزا

کودهای فسفره دارای اثرات متنوعی بر همزیستی AM و قارچ های میکوریزا هستند(ابوت و رابسون، ۱۹۹۱b؛ سیلویا و نیل، ۱۹۹۰). به نظر می رسد 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 می تواند کاهش یابد(کوپید و لی، ۱۹۹۰) دسترسی به فسفر در بیش از حدی که گیاهان میزبان از کلونیزاسیون AM سود می برند عموما تولید اسپور را کاهش می دهد(نیلسن و همکاران، ۱۹۸۱). این واکنش ها با حساسیت قارچ ها به فسفر تغییر می یابد(شوبرت و همین، ۱۹۸۶). گیاه میزبان نسبت به قارچ AM در محدوده ای از فسفر

واکنش نشان می دهد، این واکنش ممکن است در مقادیر بالا و پایین فسفر بازدارنده و در مقادیر متوسط 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 درون زی (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 میکوریزا (مولا ، ۱۹۹۱) جهت رفع نیازهای گیاه لازم باشد، سودمند باشد. اثر متقابل بین میکوریزا و کودهای شیمیایی فسفره در چارچوب کشاورزی پایدار پیچیده است. بعبارت دیگر، مقادیر زیاد فسفر خاک، هر چند موقتی (بولن، ۱۹۹۱) به قارچ های AM آسیب می رساند(ابوت و رابسون، a ۱۹۸۴). اثرات استفاده از مقادیر بیش از حد فسفر بر مایکوفلور AM بخوبی روشن نیست زیرا برخی از گونه های قارچ AM در شرایط غنی از فسفر در خاک های حاصلخیز قادر به تشکیل کلونی هستند(تامسون و همکاران، ۱۹۸۶). مصرف کودهای شیمیایی می تواند سبب انتخاب قارچ های AM متحمل به مقادیر بالای فسفر در گیاه شود، در حالی که در برخی موارد دیگر ممکن است سبب از بین رفتن آن ها شود. انهدام مایکوفلور AM از طریق فرآیند انتخابی ناشی از مصرف کودهای شیمایی می تواند، اثرات سوئی ایجاد کند از طرف دیگر، قارچ های AM از طریق مشارکت در تامین نیازهای گیاه زراعی به فسفر در سطوحی که بازدارنده نباشد، نیاز به کودهای شیمایی را کاهش می دهند(کوئید، ۱۹۹۱) بنابراین، توانائی بالقوه استفاده از قارچ های AM در تامین فسفر به روشنی مشخص است، اما این امر مستلزم آزمایش و ارزیابی روابط بین عرضه و تقاضا در همزیستی است. سایر عناصر نیز می توانند بر وضعیت AM در گیاهان موثر واقع شوند. ازت می تواند سبب توقف (جانسون و همکاران، ۱۹۸۴) یا بهبود (عزیز و هابت، ۱۹۸۹) کلونیزاسیون 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 تاثیر متأثر از تعادل بین عناصر فسفر و ازت (هیپر، ۱۹۸۳)، منبع ازت ($NH4^+$ یا $NO3^-$) و اثرات آن بر pH رایزوسفر (لی و همکاران،

۱۹۹۱) می باشد. منبع ازت تحت تاثیر نیاز به پتاسیم نیز قرار می گیرد، و با سایر اثرات کلونیزاسیون AM و تغذیه فسفر، اثر متقابل دارد(کوپر ، ۱۹۸۴). مصرف کودهای پتاسیم تولید اسپور توسط قارچ های AM (فورلان و برینز – کاردو، ۱۹۸۹) را بهبود می بخشد. ارزیابی قارچهای AM در بحث کشاورزی پایدار بعنوان کودهای بیولوژیکی از سال ها قبل(ازکون آگوئیلار و همکاران، ۱۹۷۹) بطور ویژه مورد توجه قرار گرفته است. پیشرفت های حاصل در درک ما از اثرات متقابل پیچیده (اسمیت و جیانینازی – پیرسون، ۱۹۸۸) بین قارچ های AM، کودهای شیمیایی و گیاهان میزبان آنها می تواند ارتباط بین مقادیر مطلوب عناصر غذایی موجود در خاک و راندمان همزیستی AM را بخوبی نشان دهد(فورلان، برینز – کاردو، ۱۹۸۹). در آینده دستور العمل استفاده از قارچ های AM در تغذیه گیاه می تواند برای هر منطقه بصورت خاص ارائه شود.

۱-۲-۶-۳- فوائد رابطه همزیستی میکوریزی

۱-۲-۶-۳-۱- تاثیر بر جذب عناصر غذایی

مهمترین و معتبرترین تاثیر رابطه همزیستی میکوریز آربسکولار، افزایش جذب عناصر معدنی و به ویژه فسفر درگیاه میزبان می باشد. این تاثیر بخصوص در اراضی که فسفر محلول در خاک کم بوده یا دراثر خشکی ضریب بخشیدگی عنصر فسفر بسیار کاهش یافته است مشهودتر می باشد. گونه های مختلف قارچهای میکوریزی نیز کارایی متفاوتی در افزایش جذب فسفر درگیاه میزبان دارند. گونه های مختلف این قارچها در گیاه لوبیا باعث افزایش وزن خشک گیاه بین ۸ الی ۲۳ درصد و افزایش جذب فسفر بین ۶۰ الی ۳۳۵ درصد شده اند(ایبایجن و همکاران، ۱۹۹۶). سرعت گسترش هیف های خارج ریشه ای این قارچها به طور متوسط ۸۰۰ برابر سرعت گسترش ریشه ای گیاه می باشد. بنابراین ناحیه تهی از فسفر در اطراف هیفهای قارچهای میکوریزی به شکل محدود تری نسبت به اطراف ریشه های موئین تشکیل شده و بدین دلیل مقدار بیشتری فسفر در همزیستی میکوریزی جذب می گردد(اوکف

و سیلویا، ۱۹۹۱). ناحیه تهی از فسفر در اطراف ریشه گیاه شبدر *Trifolium repens*، ۱۰ میلی متر تخمین زده شده است. در تیماری که این گیاه با گونه *Glomus mosseae* رابطه همزیستی برقرار کرده است، ناحیه تهی از فسفر تا ۲۰ میلی متری از سطح ریشه توسعه یافته است(لی و همکاران، ۱۹۹۱). مطالعه صورت گرفته با ازت نشان دار مشخص کرده است که درهمزیستی بین *Glomus mosseae* و گیاه *Apium graveolens* نسبت به گیاه شاهد ازت نشان دار بیشتری جذب گیاه شده است در صورتی که با اضافه کردن کود فسفره به گیاه شاهد تفاوتی بین تیمار ها از لحاظ میزان فسفر جذب شده نبوده است(آمس و همکاران، ۱۹۸۳). همچنین بیان شده است که گیاه میزبان می تواند تا ۲۵ درصد از نیاز ازته خود را از طریق رابطه همزیستی با قارچهای میکوریز آربسکولار تامین نماید(مارسنر و دل، ۱۹۹۴). حدود ۱۰ درصد از کل پتاسیم جذب شده توسط گیاه میزبان ناشی از فعالیت هیفهای خارج ریشه ای قارچهای میکوریز آربسکولار می باشد(مارسنر و دل، ۱۹۹۴). 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(اسمیت و رد، ۱۹۹۷). در همزیستی ایجاد شده بین سویا و ایزوله های 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 شده اند(بتلنفالوی و همکاران، ۱۹۸۹). آزمون مزرعه ای صورت گرفته بر روی گیاه ذرت نیز نشان داده است که در تیمارهای تلقیح شده با گونه های بومی قارچهای میکوریز آربسکولار جذب پتاسیم در گیاه میزبان بیشتر از گیاهان شاهد بوده است(لیو و میلر، ۱۹۸۸). بررسیهای صورت گرفته در سالهای اخیر نشان دهنده تاثیر مثبت همزیستی میکوریزی در جذب عناصر کم مصرف و به ویژه عنصر روی توسط گیاه میزبان می باشد لیکن به دلیل اثر متقابل بین جذب فسفر و روی در برخی موارد تفسیر نتایج به دست آمده با مشکل رو به رو می گردد(اسمیت و رد، ۱۹۹۷). در گیاه ذرت کشت شده در خاکهای آهکی مشخص گردیده است که بین ۱۶ الی ۲۵ درصد روی موجود درگیاه از

طریق توسعه هیفهای قارچ *Glomus mosseae* در خاک جذب و منتقل شده است(کوداری و همکاران، ۱۹۹۱). درمورد گیاهان 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 میکوریزی است ارائه شده است. همزیستی به وجود آمده بین گندم کشت شده در یک خاک آهکی با قارچهای میکوریز آربسکولار و استفاده از مقادیر مناسبی از کودهای حاوی فسفر و روی منجر به افزایش انتقال فسفر و روی از ریشه ها و اندام هوایی گیاه به سمت دانه ها 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 می باشد. این دو عامل باعث شده تا در گیاهان میکوریزی میزان مس جذب شده بیشتر از گیاهان غیر میکوریزی باشد(اسمیت و رد، ۱۹۹۷؛ مارسنر و دل، ۱۹۹۴). نتایج آزمون های مزرعه ای نیز نشان داده است که رابطه همزیستی میکوریزی منجر به افزایش جذب مس در گیاه لوبیا شده است(کوکی و جانزن، ۱۹۸۷). از طرف دیگر قارچ میکوریزی *Glomus mosseae* 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، ۱۹۹۴). نتایج حاصله از تاثیر برقراری رابطه همزیستی میکوریزی در غلظت آهن و همچنین کل آهن جذب شده در گیاه میزبان بسیار متغیر است. در گیاه سویا برقراری رابطه همزیستی میکوریزی منجر به کاهش غلظت آهن شده است(پاکووسکی و فولر، ۱۹۸۸). در حالی که در گیاه ذرت افزایش جذب و غلظت آهن مشاهده شده است(کلارک و زیتا، ۱۹۹۶). قارچهای میکوریزی از طریق ترشح انواعی از سیدروفورها و کلاته کردن آهن توانسته اند جذب و انتقال آهن به گیاهان بادام زمینی و سورگوم را افزایش دهند(کاریس و همکاران، ۱۹۹۸). همچنین گونه های مختلف میکوریزی نیز توانایی متفاوتی در جذب آهن از خود نشان می دهند(کلارک و زیتو، ۱۹۹۶). گیاهان میکوریزی معمولا توانایی کمتری برای جذب منگنز

نسبت به گیاهان غیر میکوریزی دارند(کوداری و همکاران، ۱۹۹۰). اگر چه در مواردی افزایش جذب منگنز در گیاهان میزبان قارچهای میکوریز آربسکولار نیز مشاهده شده است(آلکاراکی و کلارک، ۱۹۹۸؛ کلارک و زیتا، ۱۹۹۶). در گیاهان میکوریزی علاوه بر کاهش میزان منگنز در ریشه و اندام هوایی گیاه، جمعیت میکروارگانیسم های احیاءکننده منگنز نیز در ریزوسفر گیاهان میکوریزی به شدت کاهش یافته و سطح منگنز قابل تبادل در خاک نیز کاهش قابل ملاحظه ای نشان می دهد(شارما و جوهری، ۲۰۰۲).

۱-۲-۶-۳-۲- افزایش مقاومت به خشکی

کلونیزاسیون ریشه ها توسط قارچ های میکوریزای آرباسکولار بر مکانیسم هایی مانند کنترل روابط آب و گیاه، هدایت هیدرولیکی ریشه، هدایت برگ، تبادل گازی برگ، توسعه برگ، تنظیم اسمزی و تولید هورمون های گیاهی اثر می گذارد(گوگالا، ۱۹۹۱). از این جنبه، تولید هورمون های گیاهی در ریشه تحت تأثیر آب خاک(هارتیونگ و اسلویک، ۱۹۹۱) و یا قارچ های AM قرار گرفته و می تواند عامل مهمی در شناخت اثرات 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 پدیده ها با توانایی بهره برداری از آب خاک توسط گیاهان آلوده به AM در پتانسیل هایی پایین تر 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 بعنوان یک تکنولوژی جالب در کشاورزی مناطق خشک مورد توجه قرار گیرد. در واقع همزیستی میکوریزی علاوه بر افزایش جذب عناصر غذایی و بهبود رشد و عملکرد گیاه، مقاومت گیاه میزبان را به شرایط خشکی نیز افزایش می دهد(هاردی و لیتون، ۱۹۸۱؛ دیویس و همکاران، ۱۹۹۲). افزایش مقاومت گیاه به خشکی بر اساس عقیده عده ای از محققین به دلیل افزایش جذب فسفر توسط گیاه در خاک هایی است که مقدار

فسفر قابل دسترسی خاک کم باشد(هانگ و همکاران، ۱۹۸۵؛ نیلسون، ۱۹۸۷). عده ای دیگر از محققین این افزایش مقاومت به خشکی را جدای از مسئله تغذیه فسفری گیاه مورد تاکید قرار داده و معتقدند این قارچهای همزیست ریشه توانایی بهبود بخشیدن روابط آبی گیاه را داشته و باعث افزایش جذب آب از خاک می شوند(دیویس و همکاران، ۱۹۹۲). همچنین در گیاهان میکوریزی هدایت هیدرولیکی ریشه بیشتر از گیاهان مشابه غیر میکوریزی گزارش گردیده است(آیوگ و استودولا، ۱۹۹۱). با مشاهده تاثیر مثبت این قارچها در افزایش جذب عناصر غذایی از خاک، بهبود بخشیدن به روابط آبی گیاه، افزایش راندمان مصرف آب درگیاه 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. تاثیر دو گونه *Glomus desericola* و *Glomus fasciculatum* بر روی گندم کشت شده تحت تنش رطوبتی در طی یک دوره ۷۵ روزه توسط الیس و همکاران مورد بررسی قرار گرفت(الیس و همکاران، ۱۹۸۵). 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 می باشد. طبق گزارش اسونوبی و همکاران (۱۹۹۱) تلقیح با گونه های بومی قارچ میکوریز آربسکولار تاثیر مثبتی در رشد و مقاومت به خشکی در نهال های چهار گونه لگوم درختی داشته است. رابطه همزیستی باعث گردیده که در این گیاهان پتانسیل شیره خام و همچینن میزان آب نسبی موجود در برگها افزایش یابد. تاثیر تلقیح با قارچهای میکوریز آربسکولار در افزایش مقاومت واریته های مختلف گندم به تنش خشکی و افزایش جذب عناصر غذایی در آنها توسط آل کراکی وال داد (۱۹۹۷) مورد آزمون قرار گرفت. آنها در آزمایش خود از دو واریته مقاوم و حساس به خشکی گندم استفاده کرده و چنین نتیجه گرفته اند که واریته حساس به خشکی در شرایط تنش رطوبت وابستگی بیشتری به رابطه همزیستی میکوریزی داشته و

جذب نسبی عناصر غذایی فسفر، روی، مس، منگنز و آهن در آن بیشتر از واریته مقاوم به خشکی می باشد. شیرانی راد و همکاران (۱۳۷۹) با انجام آزمون مزرعه ای نشان دادند که با استفاده از تلقیح با قارچهای میکوریز آربسکولار 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 همزمان قارچهای میکوریزی آربسکولار 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 میکوریز آربسکولار و باکتری رایزوبیوم در سطوح تنش رطوبتی منجر به افزایش عملکرد و جذب عناصر فسفر و پتاسیم شده است(حسنی و رضایی، ۱۳۸۲). استفاده از گونه های مختلف قارچهای میکوریزی آربسکولار در کشت گیاه گندم و در سطوح تنش رطوبتی منجر به افزایش عملکرد و جذب عناصر فسفر، روی و مس گردیده است(رجالی، ۱۳۸۲).

۱-۲-۶-۳-۳- افزایش مقاومت به شوری

قارچهای میکوریزایی نه تنها به رشد و نمو گیاهان کمک می کنند بلکه مقاومت گیاهان زراعی را به تنش هایی چون شوری بالا می برند(الکاراری 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 میکوریزا گزارش کرده اند. گزارشهایی نیز در ارتباط با تأثیر قارچهای میکوریز آرباسکولار در افزایش رشد و مقاومت به شوری در گیاهان شورپسند منتشر شده است. استفاده از از گونه *Glomus mosseae* باعث افزایش رشد و بقای گیاه *Atriplex canescens* در خاکهای کم بازده می شود(آلدن، ۱۹۷۵؛ ویلیامز و همکاران، ۱۹۷۴). همچنین اصغری

و همکاران (۲۰۰۵) مشخص نمودند که گرچه گیاهان خانواده Chenopodiaceae معمولاً به عنوان گیاهانی در نظر گرفته می شوند که میزبان قارچهای میکوریزایی نیستند، اما گیاه *Atriplex nummularia* درصد همزیستی بالایی با قارچهای میکوریزا نشان داده و در اثر همزیستی میکوریزایی رشد گیاه افزایش می یابد. آنها این تأثیر را ناشی از اثر مستقیم قارچهای میکوریزایی در جذب املاح و نیز اثر این قارچها بر ترکیب میکروبی خاک اطراف محیط ریشه دانستند. علائم تنش شوری در گیاهان تقریبا مشابه کمبود فسفر به شکل آبدار شدن و تیره رنگ شدن برگها مشاهده می گردد. بنابراین شوری باعث کاهش فسفر در گیاه می شود. لذا قارچهای میکوریز می توانند با افزایش جذب فسفر توسط گیاه از اثر منفی شوری بکاهند(اوجالا و همکاران، ۱۹۸۳). در گیاهان میکوریزی غلظت پتاسیم بیشتر از گیاهان غیر میکوریزی می باشد و بدین ترتیب با افزایش نسبت K/Na، همزیستی میکوریزی گیاه را در برابر اثرات منفی سدیم محافظت می نماید. استفاده از قارچ *Glomus deserticola* باعث افزایش رشد پیاز در خاک شور شده است(پاس و همکاران، ۱۹۸۵). اثرات شوری و تلقیح با قارچ *Glomus intraradices* برروی نهال های هشت ماهه مرکبات مورد بررسی قرارگرفته و مشاهده گردیده است که جذب کل و غلظت کلر در بخش هوایی گیاهان میکوریزی افزایش یافته است(گراهام و سیورسن، ۱۹۸۹). در گیاه کاهو نیز با استفاده از تلقیح با قارچهای میکوریز آربسکولار و در شرایط شور توانسته اند مقداری از کاهش وزن اندام هوایی و ریشه گیاه را جبران نمایند(رویزلوزانو و همکاران، ۱۹۹۶). به کارگیری قارچهای میکوریز آربسکولار در خاک شور منجر به افزایش وزن تر غده پیاز و وزن دانه در گیاه جو شده است(علی اصغرزاده، ۱۳۷۹).

۱-۲-۶-۳-۴- افزایش مقاومت گیاه به عوامل بیماری زای ریشه

قارچ های میکوریزای AM از اجزای اصلی محیط رایزوسفری گیاهان هستند، و به این جهت این قارچ ها می توانند بر شیوع و شدت بیماری های ریشه تأثیر داشته باشند. قارچ های AM، بیماری

های خاکزی یا اثرات بیماری که ممکن است توسط قارچ های بیماری زا ایجاد گردد، را کاهش می دهند. واضح ترین نقش قارچ های میکوریزای آرباسکولار در کاهش بیماری ریشه، افزایش در جذب عناصر غذایی (فسفر و سایر عناصر) است. این موضوع سبب می شود که گیاهان رشد کامل تری داشته و قادر خواهند بود که بر بیماری های ریشه غلبه کرده و آنها را بهتر تحمل کنند.گیاهان همزیست با میکوریزا تحمل بهتری نسبت به تنش های محیطی مانند خشکی دارند که این عامل می تواند توان آنها را در برابر عوامل بیماری زا 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 میکوریزایی نسبت به گیاهان غیر میکوریزایی توسعه ریشه بیشتری داشتند، به استثنای مواردی که به گیاهان غیر میکوریزایی مقادیر بیشتری فسفر اضافه شده بود. گراهام و منج (۱۹۸۲) مورد مشابهی را پیشنهاد کردند بطوری که میکوریزای 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 می تواند سبب کاهش در ترشحات ریشه که برای جوانه زنی اسپور و ایجاد آلودگی بیماری زا مورد استفاده قرار می گیرد، شود. عموماً در مواردی که میکوریزای AM بیماری های ریشه را کاهش داده است، این قارچ ها بایستی قبل از هجوم عامل بیماری زا در گیاه استقرار یافته و عمل نمایند. این موضوع توسط استوارت و فلجر (۱۹۷۷) در مورد قارچ های فیتیوم و رایزوکتونیای عامل پوسیدگی ریشه گیاه بنت قنسول (*Euphorbia pulcherrima willd.exki*)، توسط بارتشی و همکاران (۱۹۸۱) در مورد فیتوفترای عامل پوسیدگی ریشه *Phytophthora cinnamomi* در گیاه سرو [*Chamaecyparis lawsoniaana* (A. Rands) parl] و توسط روزندال (۱۹۸۵) در مورد (*Aphanomyces eutiches Drechs*) آفانرمایسس عامل پوسیدگی ریشه در روی لوبیا (*Pisum sativum* L.) تشریح شده است. همچنین قارچهای میکوریزی به طور مستقیم با ایجاد یک مانع فیزیکی روی ریشه (ایجاد غلاف قارچی در مورد اکتومیکوریزها) و یا تولید مواد ضد رشد عوامل

بیماری زای گیاهی مانند بعضی آنتی بیوتیکها و ترکیبهای شیمیایی دیگر رشد میکروارگانیسم های پاتوژن را محدود می نمایند(سورش و همکاران، ۱۹۸۵). همچنین این قارچها از طریق رقابت با پاتوژنهای گیاهی برای دریافت ترشحات ریشه و همچنین تسخیر سریعتر مکانهای فیزیکی مناسب برای نفوذ به بافت ریشه و همچنین تغییر ترکیب شیمیایی ترشحات ریشه رشد عوامل بیماری زای ریشه را کند می نمایند.

۱-۲-۶-۳-۵- تولید هورمونهای محرک رشد گیاه

قارچهای میکوریزی می توانند سنتز هورمونهای رشد مثل ایندول بوتیریک اسید یا ABA را در گیاه کنترل نمایند. همچنین هیف این قارچها قادر به تولید این ماده می باشند(اسچ و همکاران، ۱۹۹۴). بنابراین قارچهای میکوریزی از طریق تنظیم مقدار ABA درگیاه میزبان می توانند هدایت روزنه ای آن را تحت تاثیر قرار دهند. همچنین گزارشات حاکی است که قارچهای میکوریزی می توانند غلظت سیتوکینین را در بافتهای گیاهی تغییر دهند. به عقیده داوان و همکاران (۱۹۹۶) نسبت ABA به سیتوکینین از لحاظ فیزیولوژیکی اهمیت بیشتری از غلظت هر یک از این موارد به تنهایی دارد و این نسبت می تواند توسط رابطه همزیستی میکوریزی تحت تاثیر قرار گیرد.

۱-۲-۶-۳-۶- 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 می یابد. درگیاهان میکوریزی و از طریق استفاده از شبکه گسترده 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 می نمایند. همچنین قارچهای میکوریزی از طریق سنتز ماده

خاصی از نوع گلیکوپروتئین ها به نام گلومالین باعث چسبیدن ذرات خاک به یکدیگر شده که از عوامل موثر در تشکیل خاکدانه های ریز می باشند. همچنین شبکه گسترده هیف این قارچها باعث در کنار یکدیگر قرار گرفتن خاکدانه های ریز و تشکیل خاکدانه های درشت مقاوم در خاک می گردد. 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 می شود(تیسدال، ۱۹۹۱).

۱-۲-۶-۴- عوامل موثر بر همزیستی میکوریزایی

۱-۲-۶-۴-۱- روابط متقابل میکوریزا، باکتری های تثبیت کننده نیتروژن و سایر میکروارگانیسم های خاک

لینچ (۱۹۹۷) بیان کرد که جمعیت های میکروبی درجایی که آنها در چارچوبی از روابط متقابل درگیر شده اند، اجزای کلیدی نظام های خاک –گیاه هستند. فیتر و گاربایه (۱۹۹۴) بیان کردند که بر همکنش قارچ های میکوریزا با دامنه وسیعی از میکروارگانیزم های خاک در محیط ریزوسفر ریشه و خاک می تواند حالات مختلفی از جمله ممانعت کنندگی، تحریک کنندگی، رقابت و حتی همزیستی را شامل شود. آنها همچنین پیشنهاد کردند که قارچ های میکوریزا روابط متقابل گیاهان با سایر میکروارگانیزم های خاک از جمله عوامل بیماری زا، نماتد ها و قارچ های ممانعت کننده از رشد ریشه موجودات همزیست به ویژه باکتری های تثبیت کننده نیتروژن را تحت تاثیر قرار می دهند. لیندرمن (۱۹۸۸)گزارش کرد که برخی از باکتری های ریزوسفری قادر به تجزیه پروتئین یا آمینواسید ها و تولید آمونیاک بوده که به شکل آمونیوم توسط میکوریزا در دسترس گیاه قرار می گیرد. برخی آزمایشات حاکی از آن است که گرما، رطوبت و دی اکسید کربن تولید شده در نتیجه فعالیت های باکتری های تحریک شده همراه قارچ جوانه زنی و رشد هیف ها را تشدید می کند. این

باکتری ها توسط گاربایه (۱۹۹۴) باکتری های کمک کننده میکوریزا [1] نامیده شده اند. این پدیده علاوه بر اینکه باعث اتلاف انرژی می شود، توانایی تلقیح در غیاب میزبان های مناسب را به منظور کلونیزاسیون ریشه های محصولات زارعی بعدی کاهش می دهد(دادز و میلنر ، ۱۹۹۹). هادج (۲۰۰۰) گزارش کرد که میکوریزا و باکتری های موجود در خاک در یک ارتباط متقابل اسیدهای آمینه، ویتامین ها و برخی هورمون ها را ترشح می کنند که باعث تشدید رشد و تکثیر آنها می شود. بارآ و آزکن-آگیلار (۱۹۸۲) ضمن انجام آزمایشی مشاهده کردند که قارچ میکوریزا (*Glomus mosseae*) دو ماده شبیه به اسید جیبرلیک و چهار ماده دارای خواص سیتوکینین تولید کرد. ویواس و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که باکتری های بومی موجود در خاک آلوده به عنصر روی، ماندگاری، فعالیت، کمیت و کیفیت (خصوصیات متابولیکی) کلونیزاسیون میکوریزایی گونه *Glomus mosseae* در شبدر و نیز فعالیت های آنزیمی موجود در خاک را تحت تاثیر قرار می دهد. آنها همچنین گزارش کردند که باکتری ها، پتانسیل آلوده سازی میسلیوم های میکوریزا را افزایش دادند و از سوی دیگر میکوریزا باعث بهبود رشد و وضعیت تغذیه ای گیاه میزبان شد. سسیلیا و باگیاراج (۱۹۸۷) گزارش کردند که تعداد باکتری های هیدرولیز کننده اوره و نشاسته در خاک های مایکوریزوسفر در مقایسه با خاک ریزوسفری در گیاه *Guinea grass* بدون میکوریزا افزایش یافت. مطالعات حاکی از آن است که همزیستی قارچ، متابولیسم گیاه را از طریق کمیت و کیفیت مواد دفع شده از ریشه تغییر می دهد که این موضوع بر توانایی باکتری ها در تولید و آزاد سازی تنظیم کننده های رشد گیاهی تاثیر می گذارد. هیکس و لویا نچان (۱۹۸۷) بیان کردند که از آن جا که قارچ و باکتری، در داخل سلول های پوست ریشه عمل می کنند، لذا امکان دارد که حضور یکی از آنها بر میزان سرایت دیگری تاثیر داشته باشد. بارآ و همکاران (۱۹۹۸) گزارش کردند که باکتری *Pseudomonas sp.* توسعه میسلیوم ها و جوانه زنی اسپورهای *Glomus mosseae* و نیز کلونیزاسیون ریشه گوجه فرنگی را افزایش داد. آنها از میکوریزا به

1-Mycorrhiza helper Bacteria (MHB)

عنوان حسگر زیستی برای ارزیابی اثرات ضد قارچی برخی از باکتری های خاک، یاد کردند. نتایج آزمایشی (داد و همکاران، ۱۹۹۰) که در خاک های غیر حاصلخیز و خاک هایی که فسفر در آنها غیرمتحرک شده بود صورت گرفت، نشان داد که قارچ های میکوریز آربسکولار سبب تحریک گره زایی و تثبیت نیتروژن در لگوم ها می شوند، این تحریک صرفا به تغذیه فسفر ارتباط داده شد. فرنسون و همکاران (۱۹۹۱) ضمن ارائه نتایج مشابه برای سویا بیان کردند که غلظت فسفر در گره ها و کارآیی مصرف فسفر در هر دو گروه گیاهان میکوریزایی و شاهد به طور خطی با محتوای آب ریشه و خاک در طی دوره برداشت، کاهش یافت. پاکوفسکی و همکاران (۱۹۸۶) گزارش کردند که قارچ های میکوریز آربسکولار، اندازه و فعالیت گره های تثبیت کننده نیتروژن را افزایش دادند. آنها وقوع این وضعیت را در نتیجه اختصاص مواد فتوسنتزی به ریشه هایی دانستند که از هر دو موجود همزیست حمایت می کنند. درصد فسفر در گره های گیاهان میکوریزایی عموماً بیشتر از گیاهان غیر میکوریزایی است که این عامل در افزایش اندازه گره ها و افزایش انرژی برای تثبیت نیتروژن دخالت دارد(کاوایی و یاماموتو، ۱۹۸۶). هیمن (۱۹۸۶) گزارش کرد که در لگوم های میکوریزایی شده تحت شرایط تنش فسفر، میکوریزا گره بندی، تثبیت نیتروژن، غلظت فسفر و رشد گیاه را افزایش داد. همچنین جذب عناصر کم مصرفی مثل مس و روی، ذخیره مواد فتوسنتزی، روابط آبی و تعادل هورمونی را تحت تاثیر قرار داد. او همچنین بیان کرد که میکوریزا، توانایی رقابتی لگوم ها را می تواند افزایش دهد. شابایف و همکاران (۱۹۹۶) و بتلنفالوی و همکاران (۱۹۸۷) نیز در مورد همزیستی سه جانبه سویا – ریزوبیوم– گلوموس، گزارش مشابهی ارائه کردند. به طور کلی، گیاهان میکوریزایی مقادیر بیشتری از عناصر ریز مغذی را از خاک جذب می کنند که این عناصر نقش مهمی در بهبود فرآیند تثبیت نیتروژن ایفا می کنند(اوهارا و همکاران، ۱۹۹۸). داد (۲۰۰۰) بیان کرد میکوریزا، کارآیی تثبیت نیتروژن توسط ریزوبیوم را افزایش می دهد. مشارکت ریزوبیوم و قارچ های میکوریز آربسکولار تقریبا همیشه وجود دارد. اما ممکن است الزاما بهترین ترکیب اجرای همزیستی برای گونه های گیاهی نباشد. کشاورزی

پایدار سبب بهبود وضعیت هر یک از این اجزای سه گانه شده و باعث می شود که تمام اجزاء در حد مطلوب خود باشند، به گونه ای که این اجزاء با هماهنگی و سازگاری کامل با هم عمل کنند(لیندرمن، ۱۹۹۱). هیمن (۱۹۸۶) پیشنهاد کرد که همزیستی سه جانبه میکوریزا – لگوم – ریزوبیوم، کلید بهره وری بیشتر لگوم ها در نظام های زراعی کم نهاده خواهد بود. وجود اثرات متقابل بین باکتری های حل کننده فسفات و قارچ های میکوریز آربسکولار در گیاهان مختلف گزارش شده است(سوچی و همکاران، ۲۰۰۶؛ کرون و همکاران ۱۹۸۷). داد و همکاران (۱۹۸۷) گزارش کردند که فعالیت اسید فسفاتاز در اطراف ریشه های گندم و پیاز در نتیجه کلونیزاسیون *G.mosseae* یا *G.geosporum* افزایش یافت. همچنین، وزن خشک اندام های هوایی و فسفر نیز افزایش پیدا کرد. نتایج آزمایش آنها معلوم نکرد که تعداد و فعالیت میکروب های تولید کننده فسفاتاز می تواند از طریق آلودگی با میکوریز آربسکولار افزایش یابد یا خیر ؟ در مورد این که آیا افزایش در رشد گیاه، ناشی از افزایش دسترسی به فسفر حل شده توسط باکتری های حل کننده فسفات است و یا این که سایر میکروارگانیزم ها دراین مورد دخالت دارند، گزارشات ضد و نقیضی وجود دارد، ولی به نظر می رسد که با توجه به اثرات متقابل بین باکتری های حل کننده فسفات و میکوریز آربسکولار ممکن است افزایش در رشد گیاه صرف نظر از محلولیت فسفر، به خاطر تولید هورمون های گیاهی و یا ویتامین های تولید شده توسط باکتری های حل کننده فسفات باشد(گریندلر ، ۲۰۰۰). این که ویتامین های تولید شده بیشتر بر رشد کدام یک از اجزای همزیستی (گیاه با میکوریز آربسکولار) موثر است، هنوز به طور کامل روشن نشده است. تغییرات میکروبی ریزوسفر، همزمان با تشکیل میکوریزا اتفاق می افتد. بنابراین هر گونه بحث در مورد اثرات متقابل بین قارچ های میکوریزا و میکروارگانیزم های خاک، باید با در نظر گرفتن اثرات ژنوتیپ گیاه میزبان و فیزیولوژی آن، همچنین اثرات خاک و عوامل محیطی بر فرآیندهای میکوریزوسفر صورت گیرد(لیندرمن و دیویس، ۲۰۰۲؛ جفریز و همکاران، ۲۰۰۳). بتلنفالوی و لیندرمن (۱۹۹۲) به نقل از باگیاراج و منگ (۱۹۷۸) گزارش کردند که ضمن

تجزیه خاک ریزوسفر گوجه فرنگی میکوریزایی شده با گونه *G.faciculatum* مشاهده شد که در محیط اطراف ریشه های آلوده به میکوریزا در مقایسه با بوته های تلقیح نشده، جمعیت بیشتری از باکتری ها و اکتینومیست ها حضور داشتند. سسیلیا و باگیاراج (۱۹۸۷) گزارش کردند که جمعیت کل باکتری های *Panicum maximum* همراه با گونه های *Gigaspora margarita G.fasciculatum* *Scelerocystis dussi* نسبت به گیاهان غیرمیکوریزایی بیشتر بود. گزارش شده است که هیف های خارج سلولی قارچ های میکوریز آربسکولار به عنوان مواد فیزیکی یا تغذیه ای برای باکتری ها محسوب می شوند(کاردوسو و کویپر، ۲۰۰۶ ؛ هادج، ۲۰۰۰). موجودات میکروبی همزیست با قارچ های میکوریز آربسکولار بر توسعه بیشتر هیف در خاک و متابولیت های ثانویه آنها که توسط هیف جذب شده و به گیاه میزبان منتقل می گردد، اثرات زیادی دارند. دانیلز و ترپ (۱۹۸۰) گزارش کردند که اسپورهای *Glomus epigaeus* در خاک های اتوکلاو شده و یا تیمارشده با اشعه گاما جوانه نزدند ولی در خاک های غیر استریل جوانه زدند. مایو و همکاران (۱۹۸۶) گزارش کردند که اسپورهای ضد عفونی شده سطحی *Glomus versiform* در محیط آب، آگار نسبت به اسپورهایی که با باکتری همراه بودند، کمتر جوانه زدند. برخی از باکتری های متعلق به جنس های *Pseudomonas* و *Corynebacterium* جداسازی شده از اسپور قارچها، جوانه زنی اسپور و همچنین رشد و انشعاب هیف اسپور را افزایش دادند. آزکون – آگوئیلار و بارآ (۱۹۸۵) گزارش کردند که اضافه کردن عصاره خاک طبیعی، کلونیزاسیون میکوریز آربسکولار حاصل از اسپورهای ضد عفونی سطحی شده را افزایش داد. مطالعات بیشتر آنها نشان داد که میکروارگانیزم های خاک، در رشد هیف اسپورهای جوانه زده و مراحل اولیه نفوذ قارچ های میکوریز آربسکولار موثر هستند. حتی هنگامی که هیچ تماسی بین دو میکروارگانیزم نباشد، تحریک میکروبی قارچ های میکوریز آربسکولار می تواند اتفاق افتد. 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 میکروب ها از تشکیل قارچ های میکوریزا ممانعت می

کنند، به طور مثال، ویلسون و همکاران (۱۹۸۸) گزارش کردند که جوانه زنی اسپورقارچ های *G. mosseae* و *G. etunicatum* در خاک چمنزار استریل نشده در مقایسه با خاک پاستوریزه شده و یا اتوکلاو شده، متوقف شد. برخی از گونه های باکتری های *Diazotrophic* در جنس های *Pseudomonas*، *Azotobacter* ، *Clostridium*، *Beijerinckia* و *Azospirillum* قادرند نیتروژن اتمسفری را تثبیت کنند. برخی از محققین (بارآ و همکاران، ۲۰۰۵ و ۱۹۹۷؛ تیلاک و سینک، ۱۹۸۸؛ کاردوسو و کویپر، ۲۰۰۶ ؛ داد، ۲۰۰۰) وجود اثر متقابل بین قارچ های میکوریز آربسکولار و برخی باکتری های تثبیت کننده نیتروژن از قبیل ازتوباکتر، آزوسپیریلوم و بیجرینکیا را گزارش و بیان کرده اند که کاربرد توام باکتری های تثبیت کننده نیتروژن و قارچ های میکوریزا رشد گیاه را در مقایسه با کاربرد هریک از آنها به تنهایی، افزایش داد، ولی در هیچ کدام از تیمارها، تثبیت نیتروژن آشکار نشد. برخی محققین پیشنهاد کردند که این باکتری ها، هورمون های گیاهی تولید می کنند که می توانند 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 می دهند(بارآ و همکاران، ۲۰۰۵ و ۱۹۹۷؛ کاپولینیک و همکاران، ۱۹۸۷). تیلاک و سینک (۱۹۸۸) گزارش کردند که باکتری *Azospirillum brasilense* کلونیزاسیون ریشه ها توسط قارچ های میکوریز آربسکولار 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 میکوریزای شده، احتمال وجود اثر متقابل مستقیم بین قارچ های میکوریز آربسکولار و باکتری آزوسپریلوم در داخل گیاه را تایید می کند. پاکوفسکی (۱۹۸۸) گزارش کرد که در سورگوم رشد کرده در شرایط نیتروژن و فسفر قابل دسترس کم، تلقیح با میکوریزا گونه *G . fasciculatum* و باکتری *Azospirillum brasilense* سبب افزایش رشد بوته ها 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 آزوسپریلوم سبب افزایش کلونیزاسیون میکوریزا، زیست توده و تعداد وزیکول های قارچی شد. بوته های تلقیح شده با میکوریزا و باکتری، حاوی مقادیر کمتری نیتروژن بودند که دلیل این موضوع، می تواند رقابت بین باکتری و قارچ برای دریافت کربن از گیاه باشد. هریس و همکاران (۱۹۸۵) گزارش کردند که وجود میکوریزا، تثبیت نیتروژن توسط باکتری*Azospirillum brasilense* را تا ۶۰ درصد کاهش داد و نیز سبب کاهش تثبیت خالص دی اکسید کربن شد، اگر چه حضور میکوریزا، کربن اختصاص یافته به ریشه ها را به مقدار ۴ تا ۷۰ درصد افزایش داد. این محققین پیشنهاد کردند که میکوریزا احتمالا با باکتری آزوسپریلوم برای دریافت کربن رقابت می کند. سوبارائو (۱۹۸۵) گزارش کرد که در یک آزمایش گلدانی، اثرات هم افزایی میکوریزای آربسکولار و باکتری *Azospirillum brasilense* ، رشد جو را افزایش داد. تیلاک و همکاران (۱۹۸۷) گونه ای باکتری آزوسپریلوم را از ریشه های میکوریزایی ضد عفونی سطحی شده پیاز (*Allium cepa L* .) و همچنین از اسپورهای ضد عفونی سطحی شده *Gigaspora gilmori* و *G. fasciculatum*، *G. mosseae* و *G. intraradiees* جداسازی و بیان کردند که بین باکتری هایی که از فسفر و کربن ناشی از قارچ های میکوریز آربسکولار استفاده می کنند و قارچ های میکوریز آربسکولار که نیتروژن تثبیت شده توسط باکتری ها را به گیاه منتقل می کنند، ارتباط نزدیکی وجود دارد. ریزوباکترهای تحریک کننده ی رشد گیاه در ریزوسفر حضور داشته و استفاده از آنها در کشاورزی سبب بهبود رشد گیاه می شود(گریندلر، ۲۰۰۰). گزارش شده است که باکتری های رشد تحریک کننده ی رشد گیاه، می توانند آنتی بیوتیک ها یا مواد جانبی دیگری تولید کنند که میکروب های مضر را از بین می برند و یا هورمون های گیاهی (اکسین، جیبرلین، سیتوکینن)، اسیدهای آمینه (آرژنین، لیزین، تریپتوفان، هیستیدین، سیستئین)، اسید پالمیتیک، ویتامین های گروه B و سایر ترکیبات که باعث رشد گیاه می شوند را تولید کرده و به طور مستقیم بر روی گیاه تاثیر می گذارند و یا این که از راه های مختلف وضعیت تغذیه ای گیاهان را بهبود بخشند(کاردوسو و کوپر، ۲۰۰۶؛ مارتین و همکاران، ۱۹۸۹).

باکتری های تحریک کننده رشد گیاه قادر هستند مواد مؤثر در افزایش رشد را تولید کنند که این مواد توسط هیف قارچ میکوریزا جذب می شوند. بیانچیوتو و بنفانته (۲۰۰۲) یک باکتری درون زی را از سیتوپلاسم برخی ایزوله های قارچ میکوریزا متعلق به خانواده ژیگاسپوراسه، جداسازی و از آن به عنوان نمونه ای از زندگی همزیستی باکتریایی با قارچ نام بردند. آنها بیان کردند که باکتری های تحریک کنند رشد گیاه بر روی سطوح قارچ ها در ریزوسفر مستقر می شوند. همچنین شبکه هیفی گسترده میکوریزا یک نیچ تخصصی برای باکتری فراهم می کند. بتلنفالوی و لیندرمن (۱۹۹۲) به نقل از مارتین و همکاران (۱۹۸۹) بیان کردند که هورمون های گیاهی تولید شده توسط باکتری های تحریک کننده رشد گیاه بر مورفولوژی ریشه، اثری مشابه اسید جیبرلیک و ایندول استیک اسید دارند. برخی محققین (گریندلر، ۲۰۰۰؛ بارآ و همکاران، ۱۹۹۷ و ۱۹۹۲) بیان کردند که ممکن است اثرات متقابل از طریق تولید هورمون های گیاهی توسط باکتری های آزادزی تثبیت کننده نیتروژن رخ دهد، این محققین تاثیر هورمون های گیاهی به ویژه سیتوکینین را بر میکوریزا گزارش کردند. گزارش شده است که هورمون ایندول استیک اسید تولید شده توسط باکتری به طور مستقیم توسط گیاهان جذب می شود در عین حال جذب این هورمون توسط قارچ های میکوریز آربسکولار تسریع می گردد(داننبرگ و همکاران، ۱۹۹۲؛ بتلنفالوی و لیندرمن، ۱۹۹۲). داننبرگ و همکاران (۱۹۹۲) سطوح بالاتر اسید آبسیزیک در ریشه ذرت میکوریزایی 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 (۱۹۸۶) گزارش کرد که تلقیح دو جانبه ی شبدر با *Pseudomonas putida* و میکوریزا، در مقایسه با تلقیح یک جانبه، رشد شبدر را به میزان بیشتری افزایش داد. آنها مشخص نکردند که آیا افزایش رشد در نتیجه ی اثر متقابل میکوریز آربسکولار با باکتری های تحریک کننده ی رشد گیاه و یا به دلیل بهبود گره زایی بود، ضمن اینکه، مقدار عناصر غذایی در بافت های گیاهی در تلقیح دو جانبه نسبت به زمانی که میکروارگانیزم ها به طور جداگانه استفاده شده بودند، افزایش یافت. سوبارائو (۱۹۸۹)

گزارش کرد که تلقیح سورگوم با ازتوباکتر و آزوسپیریلوم به همراه کود دامی، سبب افزایش رشد، تجمع ماده خشک، تولید دانه و پروتئین شد.

۱-۲-۶-۴-۲- فرآیند کلونیزه شدن ریشه

موثر بودن میکروارگانیزم های تلقیحی جهت کمک به رشد گیاه و یا کنترل زیستی، به بقاء استقرار و تکثیر آنها در مکان های آلودگی بر سطح ریشه بستگی دارد. کلونیزه شدن ریشه توسط موجودات تلقیح شده در دو مرحله اتفاق می افتد(ولر، ۱۹۸۸). فاز ۱- اتصال (باکتری یا قارچ) و انتقال آنها در ناحیه طویل شدن نوک ریشه. فاز ۲- میکروارگانیزم، در محل پخش شده و در محدوده نیچ با وجود رقابت با موجودات بومی خاک، تکثیر پیدا کرده و زنده باقی می ماند. در نهایت، سرنوشت میکروارگانیزم تلقیحی، توسط توانایی آنها در رقابت با میکروارگانیزم های بومی تعیین می شود(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 (۱۹۹۶) ضمن ارزیابی پتانسیل طبیعی میکوریزای 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 (۲۰۰۶) گزارش کردند که شرایط محیطی و به ویژه رطوبت، به میزان زیادی بر کلونیزاسیون میکوریز آربسکولار تاثیر می گذارد. هاپکینز و همکاران (۱۹۸۷) گزارش کردند که ژنوتیپ گیاه از طریق ایجاد تفاوت در کیفیت و کمیت ترشحات ریشه ای، بر مقدار و ترکیب میکروارگانیزم های ریزوسفر اثر می گذارد. درکشت گیاه میزبان، حتی بدون انجام عمل تلقیح نیز، همزیستی میکوریزایی با میکوریزای بومی اتفاق خواهد افتاد لذا گونه میکوریزای انتخاب شده باید توانایی رقابت بیشتر و سرعت تلقیح بالاتر نسبت به جمعیت بومی داشته باشد(بروندرت و ابوت، ۲۰۰۲). تعادل میکروبیولوژیکی، توسط عوامل محیطی متنوعی از قبیل تیمارهای حرارتی، آفت کش ها و مواد شیمیایی که گروه های

میکروارگانیزم ها را به حداقل می رسانند، تغییر می کند. در حالی که رشد دو موجود (گیاه و قارچ) وابسته به یکدیگر است، این ملاک ارزیابی، فقط رشد قارچ را در نظر می گیرد. میکروگراف های الکترونی نشان داده است که به طور طبیعی فقط ۷ تا ۱۵ درصد از سطح ریشه توسط میکروارگانیزم ها اشغال می شود(سیلویا و همکاران، ۲۰۰۵). کلونی ها با حفرات، پارگی ها، شکاف ها و اتصالات سلول های اپیدرمی در ریشه، در ارتباط می باشند. سیگنال های شناسایی، در کلونیزه شدن و توسعه ریشه می توانند نقش مهمی ایفا کنند(هاریسون، ۲۰۰۵). برای مثال، باکتری هایی که به ترشحات ریشه می چسبند نسبت به باکتری هایی که این ویژگی را ندارند، بهتر می توانند 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، کلونی شود، مسلماً در این حالت انتقال (فعال یا غیر فعال) مشکلی ایجاد نمی کند، اما حالت های زیادی وجود دارد که باکتری و قارچ به بذر تلقیح نشده اند، اما با وجود این، در امتداد سطح ریشه منتقل می شود. بنابراین، انتقال میکروارگانیزم ها، بسته به ویژگی های میکروارگانیزم، گیاه و محیط می تواند بسیار متغیر باشد. میلر و جاسترو (۱۹۹۲) پیشنهاد کردند به دلیل این که ریشه ها و هیف ها موقتی هستند، توانایی آنها جهت فعالیت، به عنوان عوامل ایجاد کننده ثبات باید با تولید پیوسته آنها، طول عمر آنها و تاثیر تولیدات آنها بر موجودات خاک مرتبط باشد. قارچ های میکوریز وزیکولار آربسکولار فاقد میزبان اختصاصی هستند و شرایط بهره برداری آنها را ویژگی های بوم شناختی تعیین می کند(مک گونیل و فیتر، ۱۹۹۰). معمولاً کلونیزاسیون به صورت چند گانه است ولی به نظر می رسد که برای آن حالت ترجیحی هم وجود داشته باشد. قبل از معرفی این قارچ ها به مکان های جدید باید درجه آلوده کنندگی، موثر بودن و برتری آنها برای گیاهان زراعی یا علف های هرز میزبان از نظر تاثیر بر ترکیب جوامع میزبان از طریق مطالعه اثرات آنها بر رشد گونه های مختلف گیاهی تعیین شود(آلن، ۱۹۹۱). مؤثر بودن عبارت از توانایی گونه میکوریزا در فراهم آوردن فسفر برای گیاه میزبانش است. آلوده کنندگی، عبارت است از توانایی که یک گونه میکوریزا در

تشکیل زندگی همزیستی با یک گیاه میزبان دارد. تغییر در محیط خاک در طول فصل رشد می تواند برکارایی قارچ های میکوریزا تاثیر بگذارد(بازین و همکاران، ۱۹۹۰). کلونیزاسیون چند گانه با استفاده از ترکیب مواد تلقیح قارچ های میکوریز آربسکولار می تواند سبب کاهش تغییرات در واکنش گیاه میزبان شده و اثرات مثبت بیشتری را برای گیاه فراهم سازد(رجالی و همکاران، ۱۳۸۵؛ دافت، ۱۹۸۳). فراول و همکاران (۱۹۸۵) بیان کردند که یک مانع محدود کننده برای کودهای زیستی از طریق تلقیح خاک یا تیمار بذری، کمبود روش هایی برای کشت انبوه و تلقیح میکروارگانیزم ها در نظام های تولیدی است. ویژگی های یک ماده ناقل مناسب برای مواد تلقیحی، ظرفیت نگهداری آب بالا، عدم سمیت برای ریزوبیوم ها، دسترسی آسان، تولید ارزان و راحت، قابلیت استریلیزه شدن با اتوکلاو و با اشعه، چسبندگی خوب به بذر، و ظرفیت بافری بالا است(سوماسگاران و هوبن، ۱۹۹۴). جیانینازی و همکاران (۲۰۰۱) بیان کردند که تکثیر قارچ های میکوریز آربسکولار، باید در شرایطی مشابه با شرایط نظام هایی که این قارچ ها 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 می باشد.

۱-۲-۷- باکتریهای ریزوسفری

باکتری ها یکی از رایج ترین ریزموجودات تک سلولی خاکزی و از گروه پروکاریوت ها بوده که دارای نقش مهمی در اکثر چرخه های اکولوژیکی کره زمین می باشند(میلر و گاردینر، ۱۹۹۸). باکتری ها فاقد غشا و هسته بوده و از نظر متابولیکی می توانند هترتروف و یا اتوتروف باشند. تکثیر آن ها عمدتاً از طریق تقسیم دوتایی صورت می پذیرد. باکتری ها در خاک ممکن است متحرک یا غیرمتحرک باشند. اغلب باکتری های خاکزی جذب سطحی ذرات خاک می شوند. باکتری و ذرات خاک بار الکتریکی منفی داشته و از طریق پل های یونی از قبیل کاتیون های چند ظرفیتی به یکدیگر متصل می شوند. بعضی از باکتری های خاکزی عبارتند از باسیلوس، سودوموناس، آرتروباکتر،

کلوستریدیوم، نیتروزموناس، میکروکوکوس، ریزوبیا، ازتوباکتر، استوباکتر و آزوسپریلوم(میلر و گاردنر، ۱۹۹۸). ریزوسفر[1] به لایه نازکی از خاک اطراف ریشه اطلاق می شود که جامعه موجودات زنده آن ناحیه از نظر کمی و کیفی تحت تاثیر فعالیت های حیاتی ریشه مانند تنفس و تغذیه قرار می گیرند (بوون و رویرا، ۱۹۹۹). به دلیل وجود ترشحات ریشه ای و مواد غذایی فراوان حضور و فعالیت جامعه زنده میکروارگانیسم ها در ریزوسفر بسیار چشمگیرتر از خاک اطراف این منطقه می باشد. افزایش تراکم جمعیت باکتری ها در این بخش و فعالیت آنها در محیط ریشه باعث ایجاد تغییرات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی درگیاه می شود که غالب این تغییرات تاثیر مثبتی بر روی رشد، تغذیه و سلامت گیاه داشته و به این جهت، این دسته از جانداران تحت عنوان باکتریهای محرک رشد گیاه نامیده می شوند(سانهیتا گوپتا و همکاران، ۱۹۹۵). چابوت و همکاران (۱۹۹۸-۱۹۹۶) سویه هایی 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 مانند در ریشه ایجاد نمی شود(چابوت و همکاران، ۱۹۹۶ و ۱۹۹۸). در سالهای اخیر به دلیل شناسایی توانایی های ذاتی مفید بسیاری از این باکتری ها به ویژه آزوسپیریلوم و ازتوباکتر، این دو گروه در زمره باکتری های ریزوسفری محرک رشد گیاه قرار گرفته اند و امکان کاربرد گسترده آنها در زراعت انواع گیاهان زراعی، مورد توجه و تاکید واقع شده است.

۱-۲-۷-۱- باکتری ازتوباکتر

ازتوباکتر یک باکتری هوازی است که می تواند در فشار کم اکسیژن نیز به رشد خود ادامه دهد. این باکتری شیمیوارگانوتروف است و می تواند از قندها، الکل ها و نمک های اسیدی آلی برای رشد و تکثیر استفاده کند. قادر به تثبیت نیتروژن مولکولی به حالت غیر همزیست می باشد و می تواند

1 - Rhizosphere

حداقل ۱۰ میلی گرم نیتروژن مولکولی را به ازاء هر یک گرم از کربوهیدرات مصرفی (معمولا گلوکز) تثبیت نماید. اکثر گونه های ازتوباکتر قادر به استفاده از نمک های آمونیوم و نیترات هستند. همچنین می توانند بعضی اسیدهای آمینه را به عنوان منبع نیتروژن مصرف کنند. 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 می باشد. ازتوباکتر برای رشد مطلوب به آهن کافی نیاز دارد اما در محیط های با آهن کم نیز با تولید سیدروفورها قادر به رشد است(لوریتو و همکاران، ۱۹۹۴؛ هاس و دفاگو، ۲۰۰۵). اگر چه اهمیت باکتری های محرک رشد آزادزی هوازی از نظر اکولوژیکی کاملا روشن نیست ولی در این مورد اتفاق نظر وجود دارد که این میکروارگانیسم ها اهمیت کمی در تغذیه نیتروژنی گیاهان زراعی دارند و اثر مستقیم آنها در رشد گیاه احتمالا به واسطه تولید مواد تحریک کننده رشد نظیر هورمونها می باشد. ازتوباکترها در زیستگاه هایی مانند خاک، سطح برگ، آبهای شیرین و در مناطق مختلف از محیط های حاره ای تا قطبی و در محدوده pH ۳ تا ۹ یافت می شوند و بهترین pH مناسب برای تثبیت نیتروژن بین ۷/۵-۷ است. تعداد گونه ازتوباکتر اغلب به pH، دما، مقدار رطوبت و عناصری نظیر کلسیم خاک بستگی دارد. در نواحی معتدل عمدتا در خاکهای خنثی تا قلیایی گونه غالب کروکوکوم است، در حالی که گونه وینلاندی در خاکهای قلیایی نواحی حاره و نیمه حاره یافته می شود. ازتوباکترها معمولا به حالت آزاد در لایه سطحی خاک و همچنین در ریزوسفر گیاهان مختلف یافت می شوند. با افزایش عمق خاک، جمعیت ازتوباکتر کاهش پیدا می کند. تحقیقات نشان می دهد که با افزایش ارتفاع منطقه، ظرفیت تثبیت نیتروژن افزایش می یابد و این مسئله را می توان به کاهش فشار اکسیژن در ارتفاعات نسبت داد که کار تثبیت نیتروژن در دیازوتروف های آزادزی از جمله ازتوباکترها را تسهیل می کند. یکی از عوامل محدود کننده رشد ازتوباکتر در محیطهای طبیعی کمبود مواد آلی است تحقیقات در روسیه

نشان می دهد که حداکثر جمعیت ازتوباکتر درخاکهای زراعی حاوی کود دامی مشاهده می شود. معمولا تعداد ازتوباکتر در هر گرم خاک کمتر از 10^4 است(پراساد و پاور، ۱۹۹۷).

۱-۲-۷-۲- باکتری آزوسپیریلوم

گونه های *Azospirillum* در زیر کلاس a از پروتئوباکترها قرار دارند. بر اساس توالی نوکلئوتیدها تا به حال ۷ گونه آزوسپیریلوم شناسایی شده است. گونه های *A.lipoferum* , *A.brasilense, A.irakense A.halopraeferens* , *A.amazonese* پیش از این شناسایی شده و دو گونه *A.doeberinerae* و *A.largomobile* در طی تحقیقات بعدی معرفی شدند. از لحاظ شکل ظاهری به صورت خمیده تا s شکل بوده و قطری حدود ۱μm دارند. انواع آزوسپیریلوم در فشار کم اکسیژن قادر به تثبیت بیولوژیک نیتروژن هستند که این شرایط میکروایروبیک [1] نامیده می شود. وجود تاژک قطبی از جمله ویژگی های آنها است که امکان حرکت در محیط مایع را برای باکتری فراهم می سازد. همچنین در محیط جامد برخی گونه های این جنس دارای تاژک های جانبی هستند. باکتریهای جنس آزوسپیریلیوم در سلول خود دانه های چربی هیدروکسی بوتیرات دارند که گاهی تا ۷۰ درصد وزن سلولی آنها را تشکیل می دهد(باشان و همکاران، ۲۰۰۴). باکتریهای این جنس انواع مختلفی از همیاری [1] را در گونه های مختلف گیاهی نشان می دهند. در ابتدا باور بر آن بود که این باکتریها تنها در محیط ریزوسفر یافت می شوند، اما تحقیقات بعدی نشان داد که می توان آنها را از خاک و نیز به صورت سویه های اندوفیت جدا سازی نمود که قادر به کلونیزاسیون بخش داخلی ریشه بوده و بنابراین نیتروژن را با راندمان بالاتری تامین می کنند(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 می توانند توانایی تولید را ۳۰٪ افزایش

1 - Microaerobic
1- Association

دهند(کاتوپیتیا و همکاران، ۱۹۹۵؛ باشان و هولگین، ۱۹۹۷). تلقیح با این باکتری می تواند وزن خشک، مقدار کل نیتروژن در گیاه، عملکرد دانه، وزن دانه ها 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، ۱۹۸۸). اثرات مثبت باکتری *Azospirillum* تنها به دلیل تثبیت نیتروژن نیست بلکه عمدتا به دلیل افزایش راندمان جذب آب و عناصر غذایی است که با توسعه سیستم ریشه ای و درنتیجه افزایش سطح خاک قابل دسترس توسط ریشه ها رخ می دهد(باشان و هولگین، ۱۹۹۷؛ ریز و همکاران، ۲۰۰۰). برآورد واکنش گیاهان مختلف به تلقیح با باکتری *Azospirillum* بسیار متفاوت بوده و نتایج آزمایشات با توجه به عواملی مانند نوع روش تلقیح، میزان ماده تلقیحی، بقای سویه های مورد استفاده، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، شرایط فیزیولوژیکی باکتری ها، ژنوتیپ گیاه، حضور موجودات خاکزی بومی و وجود آفت کشها در محیط به شدت تغییر پیدا کرده و با یکدیگر متناقض هستند(دالا سانتا و همکاران، ۲۰۰۴). تحقیقات نشان می دهد که اگر در تلقیح با *Azospirillum* عملکرد بیش از ۲۰٪ افزایش یابد، این نوع باکتری را می توان به صورت تجاری و برای کاربرد در سیستم های کشاورزی معرفی نمود(باشان و لوانونی، ۱۹۹۰).

۱-۲-۷-۳- اثرات مفید باکتریهای محرک رشد برگیاهان

تحریک رشد گیاهان توسط باکتریهای ریزوسفری می تواند به دو روش مستقیم و غیر مستقیم رخ دهد. در روش مستقیم باکتری ها از طریق تثبیت نیتروژن اتمسفری، افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی در ناحیه ریزوسفر، افزایش سطح تماس ریشه، تولید تنظیم کننده های رشد و بهبود همزیستی های مفید با گیاه میزبان در مراحل مختلف رشد، اثرات سودمند خود را نشان می دهند(گلایک، ۱۹۹۵). اثرات غیر مستقیم باکتری ها بر رشد گیاه هنگامی مشخص می شود که PGPR شرایط محدود کننده رشد گیاه را از بین برده و یا کاهش دهد. این فرآیند با تولید برخی

ترکیبات(لئونگ، ۱۹۸۶) و یا القاء مقاومت به عوامل بیماری زا (لیو و همکاران، ۱۹۹۵) انجام می شود. یک باکتری می تواند رشد گیاه را بوسیله یک یا تعدادی از این مکانیسم ها تحت تاثیر قرار دهد و نیز از توانایی های 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 برتثبیت نیتروژن و افزایش قابلیت دسترسی به ترکیبات غیر محلول مانند فسفات، با تولید انواع متابولیت ها، رشد گیاه را بویژه در شرایط نامساعد محیطی بهبود بخشند(سینگ، ۱۹۹۳؛ وانگ و همکاران، ۱۹۹۳).

۱-۲-۷-۳-۱- اثرات مثبت بر توسعه سیستم ریشه ای

تغییر در مورفولوژی ریشه و افزایش سطح آن می تواند به جذب بهتر عناصر غذایی از خاک کمک نماید. از مهمترین مزایای تلقیح با باکتری های محرک رشد بر خصوصیات ریشه می توان به افزایش طول ریشه، افزایش تعداد و طول ریشه جانبی، تسریع در ظهور ریشه های مویین، افزایش تقسیم سلولی در مریستم ریشه، تغییر در محل استقرار سلول های کورتکس و تاثیر بر ترشحات ریشه ای اشاره کرد(باشان و همکاران، ۱۹۹۱؛ باشان و لوانونی، ۱۹۸۹؛ لین و همکاران، ۱۹۸۳؛ کاپولنیک و همکاران، ۱۹۸۵). مرتنز و هس (۱۹۸۴) طی تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که نسبت ریشه به اندام هوایی در گندم در اثر تلقیح با آزوسپریلوم افزایش یافت. آن ها دلیل این امر را تولید هورمون های گیاهی بیان کردند. تحقیقات نشان داده است که تلقیح گیاهان با ازتوباکتر و آزوسپریلوم علاوه بر تاثیر بر بهبود رشد ریشه ها موجب افزایش رشد اندام های هوایی و ارتفاع گیاه می شود(میگاهد و همکاران، ۲۰۰۴). گیلیک و همکاران (۲۰۰۱) نشان دادند باکتری هایی که به عنوان PGPR مورد استفاده قرار می گیرند از طریق تولید هورمونهای محرک رشد باعث افزایش رشد انواع گیاهان ، درصد جوانه زنی بذرها، ریشه زایی و گسترش ریشه می شوند(گیلیک و همکاران، ۲۰۰۱). در ذرت تلقیح بذر با سویه های آزوسپیریلوم علاوه برتاثیر عمده بر محیط ریشه و اشغال محدوده اطراف ریشه

(گافنی و همکاران، ۱۹۸۶) سبب افزایش سطح ریشه (فالیک و همکاران، ۱۹۸۹) وزن خشک اندام هوایی و در نهایت افزایش عملکرد گردید(فولچیری و فریونی، ۱۹۹۴).

تلقیح با باکتری *Pseudomonas spp.* وزن ریشه را در گندم بهاره (والی و جرمیدا، ۱۹۹۷) بالا برده و ساگازی آن را نسبت به محیط افزایش داد(میسکو و جرمیدا، ۲۰۰۲). باید توجه داشت که در هنگام مطالعه ریشه، تعیین طول ریشه و سطح تماس آن از دیدگاه خاکشناسی دارای اهمیت بیشتری نسبت به وزن ریشه است و باید در مطالعات این دو صفت بیشتر مد نظر قرار گیرند. به عنوان مثال تلقیح ریشه های سویا با *A.brasilense* SP7 وزن خشک ریشه را ۶۳٪ افزایش داد. در حالی که طول ویژه ریشه (طول ریشه در واحد وزن خشک ریشه) بیش از ۶ برابر و طول آن بیش از ۱۰ برابر افزایش پیدا کرد(مولا و همکاران، ۲۰۰۱). توانمندی باکتری های محرک رشد در توسعه سیستم ریشه ای بویژه در مراحل اولیه رشد می تواند نقش تعیین کننده ای در حیات گیاه در مناطق خشک و نیمه خشک ایفا نماید. کمبود منابع آب و شوری خاکها مشکل عمده این نواحی تلقی می گردد. در این شرایط کاربرد PGPR سبب ایجاد ریشه هایی عمیق تر در گیاه شده و در نتیجه از اثرات منفی تنش خشکی برگیاهچه های گندم (آلوارز و همکاران، ۱۹۹۶) و ذرت (کاسانواز و همکاران، ۲۰۰۲) می کاهد. بعلاوه تلقیح با سویه های *A.brasilense* باعث کاهش اثر NaCl برگیاهچه های گندم می شود(کروس و همکاران، ۱۹۹۷). تاثیرات مثبت تلقیح با باکتری آزوسپیریلوم بر رشد گیاهان نخود آبیاری شده با آب شور نیز مشاهده شده است(هاماوی و همکاران، ۲۰۰۱).

۱-۲-۷-۳-۲- تولید مواد تحریک کننده رشد گیاهی

در دهه های اخیر شواهد بسیاری نشان داده است که باکتری های محرک رشد قادرند علاوه بر تثبیت نیتروژن، از طریق سنتز هورمونهای گیاهی مختلف در افزایش رشد گیاهان موثر باشند. هورمونهای گیاهی تنظیم کننده های رشد گیاهی نیز نامیده می شوند که در رشد و توسعه گیاه نقش

دارند. هورمونهای گیاهی مواد آلی هستند که در غلظت های بسیار کم بر فرایندهای فیزیولوژیکی گیاهان تاثیر می گذارند. شش گروه عمده هورمونهای گیاهی شامل جیبرلینها، سیتوکینین ها، آبسیزیک اسید، اتیلن، براسینواستروئیدها و اکسین ها می باشند. در بسیاری از موارد این هورمونهای گیاهی تخصیص ذخایر غذایی را در گیاهان تغییر داده و رشد ریشه گیاه را افزایش می دهند. به این ترتیب ریشه های بزرگتر، ریشه های فرعی بیشتر و در نتیجه سطح تماس بیشتری را برای جذب آب و مواد غذایی ایجاد می کنند(دابلائر و همکاران، ۲۰۰۱). آزمایشات انجام شده در شرایط آزمایشگاهی با آزوسپیریلوم به عنوان یک باکتری محرک رشد گیاهی، تولید هورمونهای گیاهی اکسین، جیبرلین، سیتوکینین(پاتن و گلایک، ۱۹۹۶) و اتیلن را اثبات کرده اند. همچنین سنتز هورمونهای فوق توسط بسیاری از سویه های ازتوباکتر نیز مشخص شده است(لیم و همکاران، ۱۹۹۱؛ مانسفلدگیس و همکاران، ۲۰۰۲). تاثیر مثبت اکسین و بویژه ایندول استیک اسید (IAA) که یکی از فعال ترین اکسین ها است بر شکل گیری ریشه، تقسیم سلول 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، ۱۹۸۴). IAA حاصل متابولیسم تریپتوفان است که عموماً توسط باکتریهای محرک رشد نیز ترشح می گردد(برازانی و فریدمان، ۱۹۹۹). تین و همکاران (۱۹۷۹) نشان دادند که *A.brasilense* 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.brasilense* strain Sp245 در حدود IAA 15mg/L تولید نمود(زخاروا و همکاران، ۱۹۹۹). حضور IAA و ترکیبات مرتبط در محیط رشد بسیاری از باکتری های محرک رشد مانند *Acetobacter diazotrophicus* (دفرتیز و همکاران، ۱۹۹۷)، *Klebsiella pneumoniae* ، *Bradyrhizobium elkanii*، *Rhizobium leguminosarum bv. Phaseoli* ، *Paenibacillus polymyxa* اثبات شده است. مطالعات نشان داده است که باکتری های

PGPR از طریق سنتز هورمون اکسین قادر به تحریک رشد گیاه می باشند(فالیک و اکان، ۱۹۹۶). انواع دیگری از هورمونهای گیاهی نیز توسط باکتریها تولید می شوند ولی تولید آنها به اندازه IAA نیست. سیتوکینین ها تقسیمات سلولی، توسعه بافت، جوانه زنی بذر، تجمع کلروفیل و تاخیر پیری را در بخشهای مختلف گیاه سبب می شوند(کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۸۲). هر چند افزایش در تولید این ترکیبات بر نمو ریشه اثر بازدارندگی دارد(بینس، ۱۹۹۴). سیتوکینین ها جزء سیگنالهایی هستند که در شرایط تنش های محیطی از ریشه ها به سمت اندامهای هوایی ارسال می شوند(جکسون، ۱۹۹۳) و مقدار آنها با تغییرات ریشه و شرایط خاک متفاوت خواهد بود(تیماسک و همکاران، ۱۹۹۹). فرانکربرگر و ارشد (۱۹۹۱) در مورد تاثیر پیش ماده سنتز سیتوکینین، آدنین (ADE) و ایزوپنتیل الکل (IA) و باکتری *Azotobacter chroococcum* بر روی شکل و رشد تربچه و رشد ذرت در محیط 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 تولید سیتوکینین توسط باکتری *A.chroococcum* در ریزوسفر نسبت داده شده است. آزمایشات گیاه برنج در مزرعه نشان داده که تیمار ریشه ها با این هورمون می تواند عملکرد و میزان K, P, N دانه ها را افزایش دهد. این نتایج فرضیه تاثیر سیتوکینین استخراج شده از باکتری در افزایش رشد گیاهان تلقیح یافته را تایید می نماید(زهیر و همکاران، ۲۰۰۱). جیبرلین می تواند موجب افزایش رشد و بهبود ساختار ریشه شود. بهبود ساختار ریشه به افزایش جذب عناصر غذایی خاک کمک می کند و بنابراین منجر به رشد بیشتر اندام های فتوسنتزی و گیاه می گردد. تا امروز حدود ۸۹ نوع GA شناخته شده است که فعال ترین آنها در گیاهان GA3 می باشد که مسئول طویل شدن ساقه است(دیویس، ۱۹۹۵). در یکی از مطالعات تاثیر مشابه تلقیح گوجه فرنگی با باکتری *Azotobacter chroococcum* و کاربرد جیبرلین گزارش شده است(جکسون و همکاران، ۱۹۶۴). از آنجایی که باکتری *A.lipoferum* , *A.brasilense* ارتفاع بوته را در میزان کاربرد

۰/۱ میکروگرم جیبرلین افزایش می دهند لاکانجلی و بوتینی (۱۹۹۷) نتیجه گیری کردند که جیبرلین های تولید شده به وسیله سویه های آزوسپیریلوم نقش مهمی در مراحل نقش مهمی در مراحل اولیه رشد غلات ایفا می کنند(جاگر و همکاران، ۱۹۹۹). آزوسپیریلوم قادر به کاهش اثرات کمبود آب در گیاهچه غلات در شرایط تنش شوری و اسمزی است(کاپر و کامبل، ۱۹۸۶؛ فائو، ۲۰۰۵) که می تواند 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 تاثیر انواع تنشهای فیزیکی و شیمیایی در بافتهای گیاه تولید می شود(کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۸۲؛ بلیمو و همکاران، ۲۰۰۲). بسته به میزان غلظت، فرآیندهای فیزیولوژیکی طبیعی و مرحله رشدی گیاه، این ترکیب می تواند اثر تحریک کنندگی و یا بازدارندگی داشته باشد. به این ترتیب هر عاملی که سطح اتیلن را در داخل گیاه تغییر دهد می تواند رشد و نمو بافتهای گیاه را نیز تحت تاثیر قرار دهد(سالانتر و همکاران، ۲۰۰۶). 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 می کنند. این آنزیم، ACC که پیش ماده تولید اتیلن در گیاهان به شمار می رود را به کتوبوتیرات و آمونیوم هیدرولیز می نماید. به این ترتیب فعالیت ACC deaminase کاهش تولید اتیلن در ریشه را به همراه داشته و لذا رشد ریشه بیشتر می شود(پنروس و همکاران، ۲۰۰۱). نتایج حاصل از آزمایشی بر روی گیاه ذرت نشان داد که تلقیح با برخی از سویه های باکتری *Pseudomonas* منجر به افزایش معنی دار در ارتفاع، وزن ریشه و بیوماس کل ذرت در مقایسه با شرایط شاهد شد. به نظر می رسد این سویه ها از طریق کاهش میزان بازدارندگی اتیلن در ریشه ها، موجب افزایش رشد ریشه گیاه می شوند. در نتیجه با بهبود رشد ریشه، عملکرد و رشد ساقه نیز افزایش می یابد. اخیراً در تحقیق دیگری مشخص شده است که رابطه مثبت و معنی داری بین فعالیت ACC-deaminase و طویل شدن ریشه در ذرت به واسطه تلقیح با باکتری

ریزوسفری وجود دارد. مطالعات نشان داده شده است که عملکرد دانه و رشد ریشه گیاهان تلقیح یافته با رایزوباکتر به دلیل افزایش فعالیت ACC-deaminase بهبود می یابد(باشان و همکاران، ۲۰۰۴).

فصل دوم

مواد و روش‌ها

۲- مواد و روشها

این تحقیق در سال ۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی شاهرود (پردیس بسطام) اجرا گردید. پردیس بسطام با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۴ و ۵۷ دقیقه شرقی در ارتفاع ۱۳۶۷ متری از سطح دریا قرار دارد.

۲-۱- اندازه گیری خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک

به منظور اندازه گیری خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک مزرعه، نمونه مرکبی از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری خاک مزرعه جمع آوری و برای تجزیه به آزمایشگاه موسسه خاک و آب منتقل شد. در آزمایشگاه بافت خاک با استفاده از روش هیدرومتری بایکاس تعیین گردید. از خصوصیات شیمیایی خاک، pH و EC با استفاده از روش عصاره گیری گل اشباع، مواد خنثی شونده برحسب کربنات کلسیم معادل ($\%CaCO_3$)، پتاسیم و فسفر قابل جذب گیاه به ترتیب با استفاده از روش فلیم فوتومتری و اولسن، کربن آلی خاک با استفاده از روش والکی بلاک، نیتروژن کل با روش کجلدال و مقدار آهن، مس، منگنز و روی قابل جذب گیاه با دستگاه جذب اتمی اندازه گیری گردید.

مشخصات خاک مورد آزمایش در جدول ضمیمه ۱ آورده شده است.

۲-۲- طرح آزمایش

آزمایش به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل با سه عامل در قالب طرح پایه بلوکهای کامل تصادفی و با سه تکرار اجرا گردید(نقشه طرح در شکل ضمیمه ۱ آورده شده است). کرت های اصلی به ورمی کمپوست شامل دو سطح مصرف (A_2) و عدم مصرف (A_1) و کرت های فرعی به ترکیب قارچ های میکوریزا در سه سطح شامل مصرف دو گونه *Glomus mosseae* (B_2) ، *Glomus intraradices* (B_3) و شاهد (B_1) و مصرف نیتروکسین (حاوی باکتری های تثبیت کننده نیتروژن *Azotobacter*

chroococcum و *Azospirillum brasilense*) در دو سطح مصرف (C_2) و عدم مصرف (C_1) اختصاص داده شد.

۲-۳- آماده سازی بذرها

بذر ذرت مورد استفاده هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ با قوه نامیه ۹۵٪ بود. پیش از اقدام به کاشت برای اطمینان از عدم آغشته بودن به هر گونه آلودگی، بذور چندین بار شستشو و ضد عفونی شدند. ضد عفونی سطحی بذرها به مدت ۱۰ دقیقه با محلول هیپوکلریت سدیم ۲ درصد انجام گرفت. به منظور جلوگیری از کاهش جمعیت باکتری ها حداقل فاصله زمانی بین زمان تلقیح بذور تا کاشت (کمتر از ۶ ساعت) در نظر گرفته شد.

۲-۴- آماده سازی زمین و کاشت

در اواسط اردیبهشت ماه و با مساعد شدن شرایط جوی عملیات آماده سازی مزرعه آزمایشی انجام شد. زمین مورد نظر که در سال قبل به صورت آیش قرار داشته تسطیح و سپس شخم و دیسک زده شد. تراکم کشت حدود ۷۵۰۰۰ بوته در هکتار در نظر گرفته شد. در مجموع این آزمایش شامل ۳۶ کرت آزمایشی بود، که هر کدام شامل ۴ ردیف کاشت و هر ردیف به طول ۶ متر و با فواصل ۰/۷۵ متر از یکدیگر بود. فاصله بذور روی ردیفها ۲۰ سانتی متر در نظر گرفته شد. ورمی کمپوست به کار رفته در آزمایش نیز به میزان ۱۰ تن در هکتار با استفاده از کود دامی و بقایای زباله شهری و گونه ای کرم خاکی به نام *Eisenia fetida* در کارخانه کمپوست اصفهان تهیه گردید. در زمان کاشت برای اعمال تیمارهای آزمایشی در هر ردیف شیاری در سراسر پشته به عمق ۱۵ سانتی متر ایجاد نموده، و پس از قرار دادن ورمی کمپوست داخل شیار روی آن با خاک پوشیده شد. با محاسبه میزان بذر مورد نیاز برای هر تیمار (میزان مورد نیاز برای هر کرت آزمایشی) و ریختن بذور ذرت در داخل یک کیسه

پلی اتیلنی، کود بیولوژیک مایع نیتروکسین به میزان ۲ لیتر در هکتار به آن اضافه شده و پس از ۴۵ ثانیه تکان دادن و اطمینان از چسبیدن یکنواخت مایه تلقیح به بذرها، نسبت به خشک کردن کلیه بذور تیمار شده در سایه و به دور از نور خورشید اقدام گردید. بلافاصله بعد از خشک شدن کامل بذور تلقیح شده، کشت به طور مستقیم صورت گرفت. مایه تلقیح میکوریزایی که به صورت اندام فعال قارچی (شامل اسپور، هیف و ریشه) بود از ریشه های شبدر همزیست با قارچ های میکوریزایی (گونه های *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices*) به همراه ماسه بادی و خاک در شرایط کشت گلدانی به دست آمد که از شرکت زیست توران شاهرود تهیه گردید. ماده تلقیحی قارچ (*Glomus mosseae* و *Glomus intraradices*) در تیمارهای مربوطه، به میزان ۱۵ گرم از هر گونه در ۵ سانتی متری پایین تر از بذور در بستر کاشت قرار گرفت. با توجه به شرایط خاک و نوع آبیاری بذور در عمق ۵ سانتی متری خاک قرار داده شدند.

برای جلوگیری از عمل تداخل و آلودگی باکتریها و قارچ ها یک خط به صورت نکاشت به عنوان محافظ بین کرت های فرعی قرار گرفت. جوی های آبیاری به نحوی تعبیه شد که آب آبیاری اضافی هر تکرار توسط یک جوی خروجی در انتهای کرت ها از مزرعه خارج شود. کاشت بذر تلقیح شده و پخش کود در تاریخ ۱۵ خرداد ماه به پایان رسید و اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت انجام شد.

۲-۵- مرحله داشت

در طی فصل رشد برای تامین شرایط مناسب برای رشد گیاه در مزرعه عملیات داشت شامل کوددهی، آبیاری ، تنک کردن (در مرحله ۶-۴ برگی) و کنترل علفهای هرز انجام شد. بخشی از کود نیتروژن مورد نیاز گیاه در مرحله ۶-۴ برگی و بخش دوم آن در آغاز رشد زایشی به کار برده شد. به منظور تامین رطوبت خاک مزرعه، آبیاری بطور منظم هر ۷ روز یکبار انجام پذیرفت.

۲-۶- نمونه برداری

اولین نمونه برداری بوته ها در تاریخ ۱۵ تیرماه انجام شد و نمونه برداری های بعدی به فاصله ۱۵ روز در شش مرحله دیگر در طی فصل رشد ذرت انجام گرفت. در زمان نمونه برداری از ابتدا و انتهای هر کرت ۰/۵ متر به عنوان حاشیه حذف گردید. سپس برای نمونه برداری، ۲ بوته از دو ردیف وسط هر کرت برداشت و به آزمایشگاه منتقل شد. در آزمایشگاه بوته ها به اجزای آن (ساقه، برگ، بلال و تاج گل) تفکیک و برای خشک شدن در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد تا رسیدن به وزن ثابت قرار داده شدند. سپس وزن اندامهای گیاه با ترازوی ۰/۰۱ گرم اندازه گیری شد. برای تعیین میزان سطح برگ بوته ها از رابطه $A = 0.75 \times L \times W$ استفاده گردید که در آن (L) طول و برگ و (W) پهنای برگ بود (شی و همکاران، ۱۹۸۱).

۲-۷- برداشت نهایی

در انتهای دوره رشد بوته های ذرت از مساحتی در حدود یک متر مربع برای اندازه گیری عملکرد نهایی و اجزای عملکرد برداشت شد. این مرحله ۱۲۰ روز پس از کاشت انجام گرفت. به این ترتیب بوته ها از نزدیک سطح زمین قطع گردیده و برای اندازه گیری صفات مورد نظر به آزمایشگاه انتقال داده شدند. در این نمونه برداری علاوه بر تعیین وزن اندامهای هوایی، خصوصیاتی مانند ارتفاع، طول بلال، وزن خشک پوست بلال، وزن دانه در هر بلال، وزن صد دانه، تعداد کل دانه و نیز تعداد ردیف دانه در هر بلال اندازه گیری شد. به منظور تعیین میزان کلونیزاسیون ریشه ها، در هر کرت آزمایشی نمونه خاک از دو ردیف وسط و پس از کنار زدن خاک سطحی از عمق ۵ تا ۳۰ سانتی متری تهیه شد. ریشه های نمونه برداری شده با آب معمولی به خوبی شسته شده، به طوری که تمامی خاک و باقیمانده گیاهی از ریشه ها حذف گردید. بعد از نمونه برداری از ریشه های شسته شده، به ریشه ها محلول پتاس (KOH) ۱۰٪ اضافه شده و در دمای اتاق به مدت ۴۸ ساعت نگهداری شدند. برای

رنگبری ریشه های قطور و دارای رنگدانه از روش براندرت و همکاران (۱۹۹۶) استفاده گردید. بدین منظور پس از قرار دادن ریشه ها در محلول پتاس (مرحله قبل) ریشه ها به محلول آب اکسیژنه قلیائی(۶٪) انتقال یافته و به مدت ۱۰ دقیقه در این محلول نگهداری شدند. جهت خنثی نمودن محیط قلیائی ریشه های رنگبری شده حاصل از دو روش قبل، ریشه ها با آب مقطر شسته شده و به مدت ۲-۱ دقیقه در محلول اسیدکلریدریک (HCL) ۰/۱مولار قرار داده شدند. جهت رنگ آمیزی ریشه ها از روش تغییر یافته فیلیپس و هایمن (۱۹۷۰) (حذف فنل از محلول رنگ) استفاده گردید. در این روش ریشه های رنگبری شده به مدت ۲۴ ساعت در محلول رنگ آمیزی تریپان بلو (۰/۰۱٪) در دمای اتاق نگهداری شدند. ریشه ها پس از خارج شدن از محلول رنگ و شستشو با آب مقطر آماده تعیین میزان کلونیزاسیون بودند. برای نگهداری ریشه ها تا زمان اندازه گیری میزان کلونیزاسیون از محلول اسید لاکتیک، گلیسرول و آب به نسبت ۱:۱:۱ استفاده گردید. به منظور تعیین میزان کلونیزاسیون قارچ میکوریزای آرباسکولار با ریشه ذرت از روش جیووانتی و موس (۱۹۸۰) استفاده گردید. بر اساس این روش ریشه های رنگ آمیزی شده در هر نمونه در سطح یک پتریدیش مشبک پخش شده، سپس با استفاده از بینیکولار، تعداد برخورد اندام های قارچی با خطوط شبکه پتریدیش شمارش و بر حسب درصد محاسبه گردید.

۲-۸- شاخص های فیزیولوژیکی رشد

به منظور بررسی تاثیر عوامل آزمایش بر پارامترهای فیزیولوژیکی گیاه ذرت و تجزیه و تحلیل رشد آن برخی از شاخص های فیزیولوژیکی مورد ارزیابی قرار گرفت.

سرعت رشد محصول افزایش وزن خشک یک اجتماع گیاهی در واحد سطح و در واحد زمان می باشد که از رابطه $CGR = (W_2-W_1) / [S_A (t_2 - t_1)]$ محاسبه می شود. در این رابطه W_1 و W_2 وزن خشک گیاه در زمانهای t_1 و t_2 و S_A مساحت خاک است(آکواح، ۲۰۰۲).

سرعت رشد نسبی بیان کننده وزن خشک اضافه شده نسبت به وزن اولیه در یک فاصله زمانی معین است که از رابطه $RGR = (LnW_2 - LnW_1) / (t_2 - t_1)$ حاصل می شود. در این رابطه W_1 و W_2 وزن خشک گیاه در دو زمان متوالی نمونه برداری (t_1 و t_2) است(کولهو ودیل، ۱۹۸۰؛ یانیز و همکاران، ۲۰۰۰).

شاخص سطح برگ از نسبت کل سطح برگ به سطح زمین پوشش داده شده بدست می آید. به همین منظور با تعیین سطح برگ بوته ها در هر مرحله و با توجه به مساحت نمونه برداری LAI محاسبه گردید.

۲-۹- تجزیه آماری نتایج

در این تحقیق برای تجزیه واریانس اعداد خام از نرم افزار MSTATC , SAS و برای مقایسه میانگین ها از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد(پان و همکاران، ۱۹۹۹ و ۲۰۰۲؛ لوئیک و همکاران، ۱۹۹۳). شکل ها نیز با استفاده از نرم افزار Excel ترسیم شدند.

فصل سوم

نتایج و بحث

۳-۱- مراحل نمونه برداری:

۳-۱-۱- نمونه برداری اول:

نتایج تجزیه واریانس تاثیر عوامل مورد آزمایش بر وزن خشک اجزاء بوته های ذرت در زمان نمونه برداری اول (۳۰ روز پس از تلقیح) در جدول ضمیمه۲ نشان داده شده است. نتایج نشان داد تاثیر کاربرد ورمی کمپوست بر وزن خشک برگ، ساقه و کل بوته معنی دار نبود(جدول ضمیمه۲).

وزن خشک اجزاء بوته های ذرت تحت تاثیر تلقیح میکوریزا قرار نگرفت (جدول ضمیمه ۲)، هرچند کاربرد گونه های *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* موجب بهبود میانگین وزن خشک برگ، ساقه و کل بوته در مقایسه با تیمار شاهد گردید (جدول۳-۱).

نتایج ارائه شده در جدول تجزیه واریانس (جدول ضمیمه ۲) حاکی از معنی دار بودن تاثیر کاربرد نیتروکسین بر وزن خشک برگ، ساقه و کل بوته در سطح احتمال یک درصد بود. به طوری که تلقیح نیتروکسین باعث افزایش وزن خشک برگ به میزان ۳۱/۲۸ درصد در مقایسه با شاهد شد (جدول۳-۱). همچنین مقایسات میانگین نشان داد که بین تلقیح (به میزان ۴/۹۲ گرم در بوته) و عدم تلقیح نیتروکسین (به میزان ۳/۵۴ گرم در بوته) از نظر تاثیر بر میزان وزن خشک ساقه اختلاف معنی داری وجود دارد، به نحوی که میزان وزن خشک ساقه با تلقیح نیتروکسین درحدود ۳۸ درصد در مقایسه با شاهد افزایش یافت (جدول۳-۱). مقدار وزن خشک کل بوته با کاربرد نیتروکسین معادل با ۱۲/۳۴ گرم در بوته بدست آمد که نسبت به عدم کاربرد به میزان ۹/۲۰ گرم در بوته در حدود ۳۴ درصد برتری داشت (جدول۳-۳). وزن خشک اندام های هوایی گیاه ذرت در نمونه برداری اول تحت تاثیر سایر اثرات متقابل عوامل مورد بررسی در این آزمایش قرار نگرفت (جدول ضمیمه۲).

جدول۳-۱- میانگین اثرات اصلی ورمی کمپوست، میکوریزا و نیتروکسین بر وزن خشک اندام های هوایی در نمونه برداری اول

تیمار	وزن خشک برگ (گرم در بوته)	وزن خشک ساقه (گرم در بوته)	وزن خشک کل (گرم در بوته)
ورمی کمپوست			
A_1	۵/۳۷	۳/۳۹	۸/۷۶
A_2	۷/۶۹	۵/۰۸	۱۲/۷۷
میکوریزا			
B_1	۶/۴۹	۴/۰۲	۱۰/۵۱
B_2	۶/۶۵	۴/۴۲	۱۱/۰۷
B_3	۶/۴۶	۴/۲۶	۱۰/۷۳
نیتروکسین			
C_1	۵/۶۵ b*	۳/۵۵ b	۹/۲۰ b
C_2	۷/۴۵ a	۴/۹۲ a	۱۲/۳۴ a

*حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار بر اساس آزمون LSD می باشد

A_1: شاهد، A_2: ورمی کمپوست

B_1: شاهد، B_2: *Glomus mosseae*، B_3: *Glomus intraradices*

C_1: شاهد، C_2: نیتروکسین

۳-۱-۲- نمونه برداری دوم:

نتایج تجزیه واریانس وزن خشک اندامهای هوایی مشخص نمود که پس از گذشت ۴۵ روز از زمان کاشت، تاثیر کاربرد ورمی کمپوست بر وزن خشک برگ، ساقه و وزن کل بوته های ذرت معنی دار نبود (جدول ضمیمه۳).

نتایج تجزیه واریانس داده های آزمایش حاکی از معنی دار بودن تاثیر تلقیح میکوریزا بر وزن خشک برگ، ساقه و کل بوته در نمونه برداری دوم بود (جدول ضمیمه ۳). بیشترین میانگین وزن خشک برگ (به میزان ۲۵/۰۶ گرم در بوته) از تلقیح گونه *Glomus mosseae* حاصل شد که نسبت به تلقیح گونه *Glomus intraradices* (به میزان ۲۲/۴۳ گرم در بوته) اختلاف معنی داری نداشت. در حالیکه نسبت به شاهد معادل ۲۵ درصد افزایش نشان داد (جدول۳-۲).

مقایسه میانگین ها نشان داد که بین تلقیح و عدم تلقیح میکوریزا از نظر تاثیر بر میزان وزن خشک ساقه تفاوت قابل ملاحظه ای وجود دارد، به طوری که با کاربرد گونه های *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* وزن خشک ساقه به ترتیب به میزان ۴۹/۳۰ و ۳۸/۲۰ درصد در مقایسه با شاهد افزایش یافت (جدول۳-۲).

میانگین های مربوط به تاثیر تلقیح میکوریزا بر وزن خشک کل بوته در جدول ۳-۲ ارائه شده است. همان طور که ملاحظه می شود تلقیح گونه *Glomus mosseae* بیشترین تاثیر را بر وزن خشک کل بوته اعمال نمود و موجب افزایش مقدار این صفت به میزان ۳۷/۱۹ درصد نسبت به شاهد گردید. تاثیر کاربرد هر دو گونه میکوریزا بر میزان افزایش وزن خشک کل بوته از لحاظ آماری مشابه بود.

تلقیح نیتروکسین میانگین وزن خشک برگ، ساقه و کل بوته را به ترتیب به میزان ۱۴/۴۴، ۱۵/۳۸ و ۱۵/۰۹ درصد در مقایسه با شاهد افزایش داد که البته این تاثیر از لحاظ آماری معنی دار بود (جدول ضمیمه۳ و جدول ۳-۲). تاثیر اثرات متقابل عوامل مورد بررسی در این آزمایش بر وزن خشک اندام های هوایی گیاه ذرت در نمونه برداری دوم معنی دار نبود (جدول ضمیمه۳).

جدول۳-۲- میانگین اثرات اصلی ورمی کمپوست، میکوریزا و نیتروکسین بر وزن خشک اندام های هوایی در نمونه برداری دوم

تیمار	وزن خشک برگ (گرم در بوته)	وزن خشک ساقه (گرم در بوته)	وزن خشک کل (گرم در بوته)
ورمی کمپوست			
A_1	۱۹/۶۵	۲۴/۰۸	۴۳/۶۷
A_2	۲۵/۴۰	۲۸/۸۳	۵۴/۲۴
میکوریزا			
B_1	۲۰/۰۷ b*	۲۰/۴۸ b	۴۰/۵۶ b
B_2	۲۵/۰۶ a	۳۰/۵۸ a	۵۵/۶۴ a
B_3	۲۲/۴۳ ab	۲۸/۳۱ a	۵۰/۶۵ a
نیتروکسین			
C_1	۲۱/۰۱ b	۲۴/۵۷ b	۴۵/۵۲ b
C_2	۲۴/۰۴ a	۲۸/۳۵ a	۵۲/۳۹ a

*حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار بر اساس آزمون LSD می باشد

A_1: شاهد، A_2: ورمی کمپوست

B_1: شاهد، B_2: *Glomus mosseae*، B_3: *Glomus intraradices*

C_1: شاهد، C_2: نیتروکسین

۳-۱-۳- نمونه برداری سوم:

نتایج تجزیه واریانس وزن خشک اندامهای هوایی در ۶۰ روز پس از کاشت نشان داد که تاثیر کاربرد ورمی کمپوست بر وزن خشک برگ، ساقه و کل بوته در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بود (جدول ضمیمه۴). مقدار وزن خشک برگ با کاربرد ورمی کمپوست معادل با ۴۲/۴۹ گرم در بوته بدست آمد که نسبت به عدم کاربرد به میزان ۳۴/۲۴ گرم در بوته حدود ۲۴/۱۰ درصد برتری داشت (جدول۳-۳).

مقایسه میانگین ها (جدول۳-۳) نشان داد که بین سطوح ورمی کمپوست از لحاظ تاثیر بر وزن خشک ساقه اختلاف معنی داری وجود دارد، به نحوی که مقدار این صفت با کاربرد ورمی کمپوست (به میزان ۸۰/۵۱ گرم در بوته) در مقایسه با عدم کاربرد آن (به میزان ۵۳/۰۳ گرم در بوته) در حدود

۵۱ درصد بیشتر بود. کاربرد ورمی کمپوست مقدار وزن خشک کل بوته را به میزان ۴۰/۹۴ درصد در مقایسه با شاهد افزایش بخشید که این تاثیر از لحاظ آماری معنی دار بود (جدول۳-۳).

براساس نتایج تجزیه واریانس وزن خشک برگ، ساقه و کل بوته به طور معنی داری تحت تاثیر تلقیح میکوریزا قرار گرفت (جدول ضمیمه ۴). بیشترین میانگین وزن خشک برگ (به میزان ۴۲/۱۱ گرم در بوته) از تلقیح گونه *Glomus mosseae* حاصل شد که نسبت به تلقیح گونه *Glomus intraradices* (به میزان ۳۸/۳۳ گرم در بوته) اختلاف معنی داری نداشت. در حالیکه نسبت به شاهد در حدود ۲۱ درصد افزایش نشان داد (جدول۳-۳). مقایسه میانگین ها نشان داد که بین تلقیح و عدم تلقیح میکوریزا از نظر تاثیر بر میزان وزن خشک ساقه تفاوت قابل ملاحظه ای وجود دارد (جدول ضمیمه۴)، به طوری که با کاربرد گونه های *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* وزن خشک ساقه به ترتیب به میزان ۳۴ و ۳۰ درصد در مقایسه با شاهد افزایش یافت (جدول۳-۳).

میانگین های مربوط به تاثیر تلقیح میکوریزا بر وزن خشک کل بوته در جدول۳-۳ مقایسه شده اند. همان طور که ملاحظه می شود تلقیح گونه *Glomus mosseae* بیشترین تاثیر را بر وزن خشک کل بوته اعمال نمود و موجب افزایش میانگین آن به میزان ۲۷/۲۹ درصد نسبت به شاهد گردید. تاثیر کاربرد هر دو گونه میکوریزا بر میزان افزایش وزن خشک کل بوته از لحاظ آماری مشابه بود.

وزن خشک برگ، ساقه و کل بوته تحت تاثیر تلقیح نیتروکسین قرار گرفت (جدول ضمیمه ۴). مقدار وزن خشک برگ و ساقه با کاربرد نیتروکسین به ترتیب معادل با ۴۱/۹۵ و ۷۱/۸۴ گرم در بوته بدست آمد که نسبت به عدم کاربرد به ترتیب به میزان ۳۴/۷۸ و ۶۱/۷۰ گرم در بوته برتری قابل ملاحظه ای داشت (جدول۳-۳). براساس مقایسه میانگین داده ها (جدول ۳-۳) کاربرد نیتروکسین وزن خشک کل بوته را به میزان ۱۷/۹۴ درصد در مقایسه با شاهد افزایش داد. تاثیر اثرات متقابل عوامل مورد بررسی در این آزمایش بر وزن خشک اندام های هوایی گیاه ذرت در نمونه برداری سوم معنی دار نبود (جدول ضمیمه۴).

جدول۳-۳- میانگین اثرات اصلی ورمی کمپوست، میکوریزا و نیتروکسین بر وزن خشک اندام های هوایی در نمونه برداری سوم

تیمار	وزن خشک برگ (گرم در بوته)	وزن خشک ساقه (گرم در بوته)	وزن خشک کل (گرم در بوته)
ورمی کمپوست			
A_1	۳۴/۲۴ b	۵۳/۰۳ b	۸۷/۲۷ b
A_2	۴۲/۴۹ a	۸۰/۵۱ a	۱۲۲/۹۹ a
میکوریزا			
B_1	۳۴/۶۵ b	۵۴/۹۶ b	۸۹/۶۱ b
B_2	۴۲/۱۱ a	۷۳/۷۴ a	۱۱۵/۸۴ a
B_3	۳۸/۳۳ ab	۷۱/۶۱ a	۱۰۹/۹۴ a
نیتروکسین			
C_1	۳۴/۷۸ b	۶۱/۷۰ b	۹۶/۴۸ b
C_2	۴۱/۹۵ a	۷۱/۸۴ a	۱۱۳/۷۸ a

*حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار بر اساس آزمون LSD می باشد

A_1: شاهد، A_2: ورمی کمپوست

B_1: شاهد، B_2: *Glomus mosseae*، B_3: *Glomus intraradices*

C_1: شاهد، C_2: نیتروکسین

۳-۱-۴- نمونه برداری چهارم:

چهارمین نمونه برداری، همزمان با آغاز رشد زایشی ذرت و در ۷۵ روز پس از کاشت، صورت پذیرفت. براساس نتایج تجزیه واریانس در جدول ضمیمه ۵ تاثیر کاربرد ورمی کمپوست بر وزن خشک برگ، ساقه، بلال و کل بوته معنی دار بود، هرچند وزن خشک تاج گل تحت تاثیر کاربرد آن قرار نگرفت. مصرف ورمی کمپوست موجب افزایش وزن خشک برگ به میزان ۴۰/۱۸ درصد در مقایسه با شاهد گردید (جدول۳-۴). مقایسه میانگین ها (جدول۳-۴) نشان داد که بین سطوح ورمی کمپوست از لحاظ تاثیر بر وزن خشک ساقه اختلاف معنی داری وجود دارد، به نحوی که وزن خشک ساقه با کاربرد ورمی کمپوست نسبت به عدم کاربرد آن به میزان ۴۹/۷۴ درصد افزایش یافت (جدول۳-۴).

مقدار وزن خشک بلال با کاربرد ورمی کمپوست معادل با ۴۰/۹۱ گرم در بوته بدست آمد که نسبت به عدم کاربرد به میزان ۲۹/۴۲ گرم در بوته حدود ۳۹ درصد برتری داشت (جدول ۳-۴). بررسی میانگین نتایج نشان داد که کاربرد ورمی کمپوست مقدار وزن خشک کل بوته را به میزان ۴۴/۹۹ درصد در مقایسه با شاهد افزایش بخشید که البته این تاثیر از لحاظ آماری معنی دار بود (جدول۳-۴).

نتایج تجزیه واریانس داده های آزمایش بیانگر تاثیر معنی دار تلقیح میکوریزا بر وزن خشک برگ، ساقه، بلال و کل بوته بود هر چند وزن خشک تاج گل تحت تاثیر تلقیح میکوریزا قرار نگرفت (جدول ضمیمه۵). بر این اساس میانگین وزن خشک برگ در تیمارهای تلقیح میکوریزا در سطح آماری بالاتری نسبت به شاهد قرار گرفت. همچنین بین گونه *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* از نظر تاثیر بر وزن خشک برگ اختلاف آماری وجود نداشت (جدول ۳-۴). مقایسه میانگین تیمارها نشان دهنده آن بود که بین تلقیح و عدم تلقیح میکوریزا از نظر تاثیر بر میزان وزن خشک ساقه تفاوت قابل ملاحظه ای وجود دارد (جدول ضمیمه۵)، به طوری که با کاربرد گونه های *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* وزن خشک ساقه به ترتیب به میزان ۱۹/۴۸ و ۱۳/۹۴ درصد در مقایسه با شاهد افزایش یافت (جدول۳-۴).

حداکثر وزن خشک بلال به میزان ۴۰ گرم در بوته از تلقیح بذر با گونه *Glomus mosseae* بدست آمد که نسبت به تاثیر گونه *Glomus intraradices* اختلاف معنی داری نداشت. تیمار شاهد کمترین میانگین این صفت را به میزان ۲۷/۸۶ گرم در بوته به خود اختصاص داد (جدول ۳-۴). میانگین های مربوط به تاثیر تلقیح میکوریزا بر وزن خشک کل بوته در جدول۳-۴ مقایسه شده اند. تلقیح گونه *Glomus mosseae* بیشترین تاثیر را بر وزن خشک کل بوته اعمال نمود و موجب افزایش میانگین آن به میزان ۲۷/۲۹ درصد نسبت به شاهد گردید. تاثیر کاربرد هر دو گونه میکوریزا بر میزان افزایش وزن خشک کل بوته از لحاظ آماری مشابه بود.

تاثیر تلقیح نیتروکسین بر وزن خشک اندام های هوایی در ۷۵ روز پس از کاشت معنی دار بود (جدول ضمیمه۵). براساس مقایسات میانگین (جدول ۳-۴) مقدار وزن خشک برگ و ساقه با کاربرد نیتروکسین به ترتیب معادل ۵۴/۳۴ و ۱۱۸/۱۳ گرم در بوته بدست آمد که نسبت به عدم کاربرد آن به ترتیب به میزان ۴۵/۷۴ و ۹۸/۵۰ گرم در بوته برتری قابل ملاحظه ای داشت. تلقیح نیتروکسین باعث افزایش میزان وزن خشک تاج گل در مقایسه با شاهد گردید (جدول ۳-۴). میانگین های مربوط به تاثیر تلقیح نیتروکسین بر وزن خشک بلال و کل بوته در جدول ۳-۴ ارائه شده است. همان طور که ملاحظه می شود وزن خشک بلال با کاربرد نیتروکسین به میزان ۱۹/۲۵ درصد در مقایسه با شاهد افزایش یافت. مقدار وزن خشک کل بوته با کاربرد نیتروکسین معادل ۲۱۳/۰۸ گرم در بوته بدست آمد که نسبت به عدم کاربرد به میزان ۱۷۷/۷۸ گرم در بوته حدود ۲۰ درصد بیشتر بود.

جدول۳-۴- میانگین اثرات اصلی ورمی کمپوست، میکوریزا و نیتروکسین بر وزن خشک اندام های هوایی در نمونه برداری چهارم

تیمار	وزن خشک برگ (گرم در بوته)	وزن خشک ساقه (گرم در بوته)	وزن خشک تاج گل (گرم در بوته)	وزن خشک بلال (گرم در بوته)	وزن خشک کل (گرم در بوته)
ورمی کمپوست					
A_1	۴۱/۶۷ b*	۸۶/۷۴ b	۱/۷۲	۲۹/۴۲ b	۱۵۹/۵۴ b
A_2	۵۸/۴۱ a	۱۲۹/۸۹ a	۲/۱۱	۴۰/۹۱ a	۲۳۱/۶۰ a
میکوریزا					
B_1	۴۳/۴۹ b	۹۷/۴۶ b	۱/۷۰	۲۷/۸۶ b	۱۷۰/۹۲ b
B_2	۵۳/۹۰ a	۱۱۶/۴۴ a	۱/۹۱	۴۰/۰۰ a	۲۱۲/۲۵ a
B_3	۵۲/۷۳ a	۱۱۱/۰۴ ab	۰/۱۴	۳۷/۶۲ a	۲۰۳/۵۴ a
نیتروکسین					
C_1	۴۵/۷۴ b	۹۸/۵۰ b	۱/۴۷ b	۳۲/۰۸ b	۱۷۷/۷۸ b
C_2	۵۴/۳۴ a	۱۱۸/۱۳ a	۲/۳۷ a	۳۸/۲۵ a	۲۱۳/۳۶ a

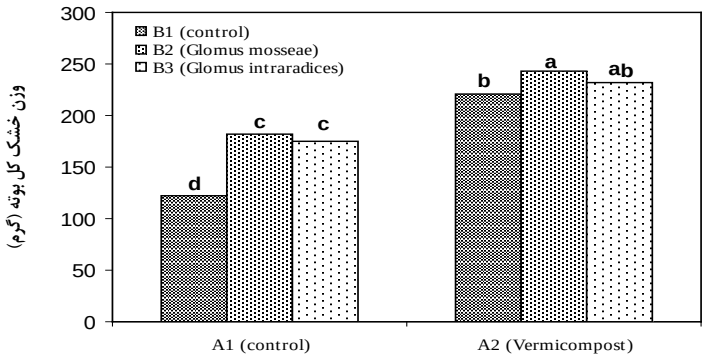
*حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار بر اساس آزمون LSD می باشد

A_1: شاهد، A_2: ورمی کمپوست

B_1: شاهد، B_2: *Glomus mosseae*، B_3: *Glomus intraradices*

C_1: شاهد، C_2: نیتروکسین

اثر کاربرد همزمان ورمی کمپوست و میکوریزا بر وزن خشک کل بوته در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بود، هرچند وزن خشک برگ، ساقه، بلال و تاج گل تحت تاثیر کاربرد آن قرار نگرفت (جدول ضمیمه۵). براساس مقایسه میانگین داده ها حداکثر وزن خشک کل بوته به میزان ۲۴۲/۶۲ گرم از ترکیب تیماری A_2B_2 (ورمی کمپوست و *Glomus mosseae*) حاصل شد که با تاثیر ترکیب تیماری A_2B_3 (ورمی کمپوست و *Glomus intraradices*) به میزان ۲۳۲/۰۳ گرم در بوته اختلاف معنی داری نداشت. کمترین میزان وزن خشک کل بوته نیز با میانگین ۱۲۱/۶۹ گرم از تیمار شاهد بدست آمد (شکل۳-۱).



شکل۳-۱- مقایسه میانگین وزن خشک کل بوته در سطوح مختلف ورمی کمپوست و میکوریزا در نمونه برداری چهارم

۳-۱-۵- نمونه برداری پنجم:

نتایج تجزیه واریانس وزن خشک اندامهای هوایی ذرت در ۹۰ روز پس از کاشت در جدول ضمیمه۶ آمده است. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده های آزمایش حاکی از معنی دار بودن تاثیر کاربرد ورمی کمپوست بر وزن خشک برگ، ساقه، بلال و کل بوته در سطح احتمال پنج درصد بود (جدول ضمیمه۶)، به طوری که براساس مقایسات میانگین کاربرد ورمی کمپوست وزن خشک برگ را به میزان ۳۱/۲۹ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (جدول۳-۵). مقدار وزن خشک ساقه با کاربرد

ورمی کمپوست معادل با ۱۵۷/۲۱ گرم در بوته بدست آمد که نسبت به عدم کاربرد به میزان ۱۱۶/۸۴ گرم در بوته حدود ۳۴ درصد برتری داشت (جدول۳-۵). کاربرد ورمی کمپوست مقدار وزن خشک بلال و کل بوته را به ترتیب به میزان ۴۲/۴۰ و ۳۷/۰۹ درصد در مقایسه با شاهد افزایش داد که البته این مقدار از لحاظ آماری معنی دار بود (جدول۳-۵). وزن خشک تاج گل در نمونه برداری پنجم تحت تاثیر کاربرد ورمی کمپوست قرار نگرفت (جدول ضمیمه۶).

اثر تلقیح میکوریزا بر وزن خشک برگ، ساقه، بلال و کل بوته در سطح احتمال یک درصد معنی دار گردید هر چند تاثیر قابل ملاحظه ای بر وزن خشک تاج گل نداشت (جدول ضمیمه ۶). بیشترین میانگین وزن خشک برگ در تیمارهای *Glomus mosseae* و*Glomus intraradices* (به ترتیب به میزان ۶۳/۰۹ و ۵۹/۸۱ گرم در بوته) مشاهده شد که در مقایسه با شاهد (به میزان ۴۸/۰۶ گرم در بوته) بطور چشمگیری برتر بود (جدول۳-۵). مقایسه میانگین تیمارها نشان دهنده آن بود که بین تلقیح و عدم تلقیح میکوریزا از نظر تاثیر بر میزان وزن خشک ساقه تفاوت قابل ملاحظه ای وجود دارد (جدول ضمیمه ۶)، به طوری که با کاربرد گونه های *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* وزن خشک ساقه به ترتیب به میزان ۲۶/۴۴ و ۲۴/۰۹ درصد در مقایسه با شاهد افزایش یافت (جدول۳-۵). حداکثر وزن خشک بلال به میزان ۱۶۹/۰۲ گرم در بوته از تلقیح بذر با گونه *Glomus mosseae* بدست آمد که نسبت به تاثیر گونه *Glomus intraradices* اختلاف معنی داری نداشت. تیمار شاهد کمترین میانگین این صفت را به میزان ۱۱۹/۶۵ گرم در بوته به خود اختصاص داد (جدول۳-۵). میانگین های مربوط به تاثیر تلقیح میکوریزا بر وزن خشک کل بوته در جدول۳-۵ مقایسه شده اند. تلقیح گونه *Glomus mosseae* بیشترین تاثیر را بر وزن خشک کل بوته اعمال نمود و موجب افزایش میانگین آن به میزان ۳۳/۲۱ درصد نسبت به شاهد گردید. تاثیر کاربرد هر دو گونه میکوریزا بر میزان افزایش وزن خشک کل بوته از لحاظ آماری مشابه بود.

تاثیر تلقیح نیتروکسین بر وزن خشک اندام های هوایی در ۹۰ روز پس از کاشت معنی دار بود (جدول ضمیمه۶). براساس مقایسات میانگین (جدول ۳-۵) مقدار وزن خشک برگ و ساقه با کاربرد نیتروکسین به ترتیب معادل ۶۲/۹۵ و ۱۴۵/۰۵ گرم در بوته بدست آمد که نسبت به عدم کاربرد آن به ترتیب به میزان ۵۱/۰۲ و ۱۲۹ گرم در بوته برتری قابل ملاحظه ای داشت. تاثیر تلقیح نیتروکسین بر وزن خشک تاج گل معنی دار نبود (جدول ۳-۵). میانگین های مربوط به تاثیر تلقیح نیتروکسین بر وزن خشک بلال و کل بوته در جدول ۳-۵ ارائه شده است. همان طور که ملاحظه می شود وزن خشک بلال با کاربرد نیتروکسین به میزان ۱۶/۲۱ درصد در مقایسه با شاهد افزایش یافت. مقدار وزن خشک کل بوته نیز با کاربرد نیتروکسین معادل ۳۷۱ گرم در بوته بدست آمد که نسبت به عدم کاربرد به میزان ۳۲۰/۵۹ گرم در بوته در حدود ۱۶ درصد بیشتر بود.

جدول۳-۵- میانگین اثرات اصلی ورمی کمپوست، میکوریزا و نیتروکسین بر وزن خشک اندام های هوایی در نمونه برداری پنجم

تیمار	وزن برگ (گرم در بوته)	وزن ساقه (گرم در بوته)	وزن تاج گل (گرم در بوته)	وزن بلال (گرم در بوته)	وزن کل (گرم در بوته)
ورمی کمپوست					
A_1	۴۹/۲۸ b*	۱۱۶/۸۴ b	۲/۲۶	۱۲۳/۳۳ b	۲۹۱/۷۰ b
A_2	۶۴/۷۰ a	۱۵۷/۲۱ a	۲/۳۶	۱۷۵/۶۲ a	۳۹۹/۸۹ a
میکوریزا					
B_1	۴۸/۰۶ b	۱۱۷/۲۷ b	۲/۳۰	۱۱۹/۶۵ b	۲۸۷/۲۸ b
B_2	۶۳/۰۹ a	۱۴۸/۲۸ a	۲/۲۸	۱۶۹/۰۲ a	۳۸۲/۶۷ a
B_3	۵۹/۸۱ a	۱۴۵/۵۲ a	۲/۳۴	۱۵۹/۷۵ a	۳۶۷/۴۲ a
نیتروکسین					
C_1	۵۱/۰۲ b	۱۲۹ b	۲/۳۰	۱۳۸/۲۶ b	۳۲۰/۵۹ b
C_2	۶۲/۹۵ a	۱۴۵/۰۵ a	۲/۳۱	۱۶۰/۶۸ a	۳۷۱/۰۰ a

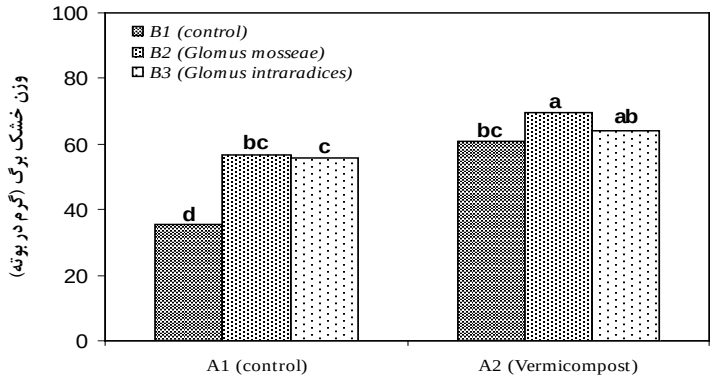
*حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار بر اساس آزمون LSD می باشد

A_1: شاهد، A_2: ورمی کمپوست

B_1: شاهد، B_2: *Glomus mosseae*، B_3: *Glomus intraradices*

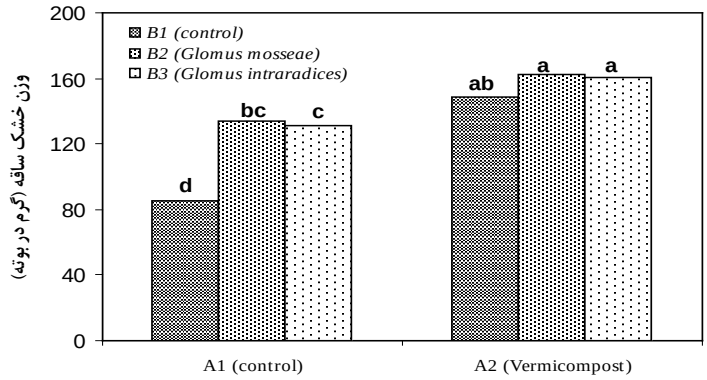
C_1: شاهد، C_2: نیتروکسین

اثر کاربرد همزمان ورمی کمپوست و میکوریزا بر وزن خشک برگ (P<۰/۰۵)، ساقه، بلال و کل بوته (P<۰/۰۵) معنی دار بود (جدول ضمیمه۶). حداکثر وزن خشک برگ به میزان ۶۹/۳۹ گرم در بوته از ترکیب تیماری A_2B_2 (ورمی کمپوست و *Glomus mosseae*) حاصل شد که با تاثیر ترکیب تیماری A_2B_3 (ورمی کمپوست و *Glomus intraradices*) به میزان ۶۴/۰۶ گرم در بوته اختلاف معنی داری نداشت. کمترین میزان وزن خشک برگ نیز با میانگین ۳۵/۴۷ گرم در بوته از تیمار شاهد بدست آمد (شکل۳-۲).



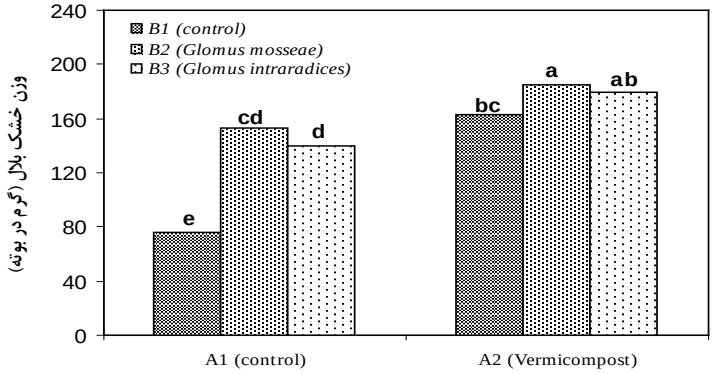
شکل۳-۲- مقایسه میانگین وزن خشک برگ در سطوح مختلف ورمی کمپوست و میکوریزا در نمونه برداری پنجم

مقایسات میانگین مربوط به تاثیر کاربرد همزمان ورمی کمپوست و میکوریزا بر وزن خشک ساقه (شکل۳-۳) نشان داد که مقدار این صفت در ترکیب تیماری A_2B_2 (ورمی کمپوست و *Glomus mosseae*) در مقایسه با سایر تیمارها حداکثر شد که البته اختلاف معنی داری نسبت به تاثیر دو ترکیب تیماری A_2B_3 (ورمی کمپوست و *Glomus intraradices*) و A_2B_1 (ورمی کمپوست و عدم تلقیح میکوریزا) نداشت، هرچند نسبت به شاهد معادل ۸۹/۷۱ درصد افزایش نشان داد.



شکل۳-۳- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه در سطوح مختلف ورمی کمپوست و میکوریزا در نمونه برداری پنجم

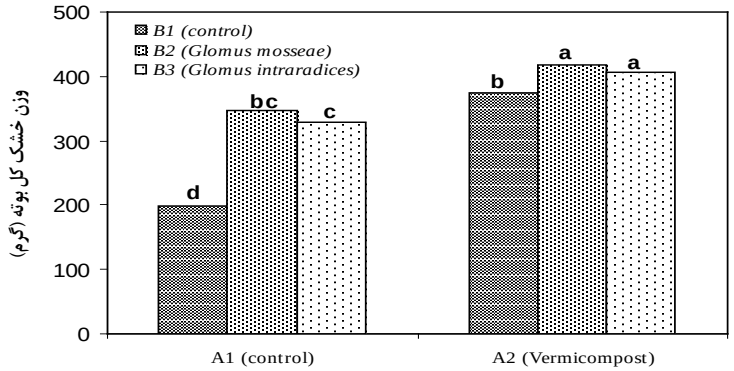
براساس مقایسه بین میانگین های ترکیب تیماری ورمی کمپوست و میکوریزا بر میزان وزن خشک بلال و کل بوته (شکل۳-۴ و شکل۳-۵) مشخص گردید که از نظر تاثیر بر وزن خشک بلال کلیه تیمارها با شاهد اختلاف معنی داری نشان داده و ترکیبات تیماری A_2B_3 (ورمی کمپوست و *Glomus mosseae*) و A_2B_2 (ورمی کمپوست و *Glomus intraradices*) به ترتیب با مقادیر ۱۸۴/۷۱ و ۱۷۹/۱۳ گرم در بوته بیشترین میزان وزن خشک بلال را تولید نمودند.



شکل۳-۴- مقایسه میانگین وزن خشک بلال در سطوح مختلف ورمی کمپوست و میکوریزا در نمونه برداری پنجم

همچنین حداکثر میزان وزن خشک کل بوته با میانگین ۴۱۸/۸۵ گرم از ترکیب تیماری A_2B_3 (ورمی کمپوست و *Glomus mosseae*) حاصل شد که با تاثیر کاربرد ترکیب تیماری A_2B_2 (ورمی

کمپوست و *Glomus intraradices*) با میانگین ۴۰۵/۸۳ گرم اختلاف معنی داری نداشت. کمترین میزان وزن خشک کل بوته نیز با میانگین ۱۹۹/۵۸ گرم در تیمار شاهد مشاهده شد (شکل۳-۵).



شکل۳-۵- مقایسه میانگین وزن خشک کل بوته در سطوح مختلف ورمی کمپوست و میکوریزا در نمونه برداری پنجم

۳-۱-۶- نمونه برداری ششم :

نمونه برداری ششم در ۱۰۵ روز پس از کاشت انجام شد. جدول ضمیمه۷ نتایج تجزیه واریانس صفات مختلف را در این برداشت نشان می دهد. وزن خشک برگ، ساقه، بلال و کل بوته ذرت با کاربرد ورمی کمپوست در مقایسه با عدم کاربرد آن بطور معنی داری افزایش یافت. براساس مقایسات میانگین کاربرد ورمی کمپوست وزن خشک برگ و ساقه را به ترتیب به میزان ۴۲/۹۳ و ۴۱/۱۶ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (جدول۳-۶). مقدار وزن خشک بلال با کاربرد ورمی کمپوست معادل با ۲۱۶/۳۴ گرم در بوته بدست آمد که نسبت به عدم کاربرد به میزان ۱۶۵/۸۸گرم در بوته حدود ۳۰ درصد برتری داشت (جدول۳-۶). اثر ورمی کمپوست بر وزن خشک تاج گل در نمونه برداری ششم معنی دار نبود (جدول ضمیمه۷). کاربرد ورمی کمپوست میانگین وزن خشک کل بوته را به میزان ۳۵/۷۲ درصد در مقایسه با شاهد افزایش بخشید که البته این تاثیر از لحاظ آماری معنی دار بود (جدول۳-۶).

نتایج تجزیه واریانس داده های آزمایش حاکی از معنی دار بودن تاثیر تلقیح میکوریزا بر وزن خشک اندام های هوایی در نمونه برداری ششم بود (جدول ضمیمه ۷). بیشترین میانگین وزن خشک برگ از تلقیح گونه *Glomus mosseae* حاصل شد که نسبت به تاثیر تلقیح گونه *Glomus intraradices* اختلاف معنی داری نداشت. در حالیکه نسبت به شاهد در حدود ۲۷ درصد افزایش نشان داد (جدول۳-۶).

مقایسه میانگین ها بیانگر آن بود که بین تلقیح و عدم تلقیح میکوریزا از نظر تاثیر بر میزان وزن خشک ساقه تفاوت قابل ملاحظه ای وجود دارد، به طوری که با کاربرد گونه های *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* وزن خشک ساقه به ترتیب به میزان ۲۷/۹۹ و ۲۲/۴۳ درصد در مقایسه با شاهد افزایش یافت (جدول ۳-۶). بیشترین میانگین وزن خشک بلال از کاربرد گونه *Glomus mosseae* (به میزان ۲۰۴/۴۷ گرم در بوته) بدست آمد که با تاثیر کاربرد گونه *Glomus intraradices* (به میزان ۱۹۷/۹۵ گرم در بوته) در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول۳-۶). براساس مقایسات میانگین داده های آزمایش (جدول۳-۶) بین دو گونه میکوریزا از نظر تاثیر بر وزن خشک کل بوته اختلاف آماری وجود نداشت، ولی بین این گونه ها و شاهد اختلاف معنی داری مشاهده شد. حداکثر وزن خشک تاج گل از تلقیح گونه *Glomus mosseae* حاصل شد که نسبت به شاهد بطور معنی داری بیشتر بود (جدول۳-۶).

اثر تلقیح نیتروکسین بر وزن خشک برگ، ساقه، بلال و کل بوته در ۱۰۵ روز پس از کاشت معنی دار بود (جدول ضمیمه ۷). براساس مقایسات میانگین (جدول ۳-۶) تلقیح نیتروکسین موجب افزایش مقدار وزن خشک برگ و ساقه به ترتیب معادل ۹/۴۶ و ۱۳/۶۳ درصد نسبت به شاهد گردید. میانگین های مربوط به تاثیر تلقیح نیتروکسین بر وزن خشک بلال و کل بوته در جدول ۳-۶ ارائه شده است. همان طور که ملاحظه می شود وزن خشک بلال با کاربرد نیتروکسین به میزان ۱۰/۷۴ درصد در مقایسه با شاهد افزایش یافت. مقدار وزن خشک کل بوته نیز با کاربرد نیتروکسین معادل

۴۰۳/۵۳ گرم در بوته بدست آمد که نسبت به عدم کاربرد به میزان ۳۶۱/۷۸ گرم در بوته در حدود ۱۱ درصد بیشتر بود. تاثیر تلقیح نیتروکسین بر وزن خشک تاج گل معنی دار نبود (جدول ضمیمه۷).

جدول۳-۶- میانگین اثرات اصلی ورمی کمپوست، میکوریزا و نیتروکسین بر وزن خشک اندام های هوایی در نمونه برداری ششم

تیمار	وزن خشک برگ (گرم در بوته)	وزن خشک ساقه (گرم در بوته)	وزن خشک تاج گل (گرم در بوته)	وزن خشک بلال (گرم در بوته)	وزن خشک کل (گرم در بوته)
ورمی کمپوست					
A_1	۴۷/۴۶ b*	۱۰۹/۴۳ b	۱/۸۸	۱۶۵/۸۸ b	۳۲۴/۶۶ b
A_2	۶۷/۸۴ a	۱۵۴/۴۸ a	۱/۹۹	۲۱۶/۳۴ a	۴۴۰/۶۵ a
میکوریزا					
B_1	۴۹/۵۷ b	۱۱۲/۹۷ b	۱/۷۲ b	۱۷۰/۹۲b	۳۳۵/۳۶ b
B_2	۶۳/۰۸ a	۱۴۴/۵۹ a	۲/۱۹ a	۲۰۴/۴۷ a	۴۱۴/۳۲ a
B_3	۶۰/۳۱ a	۱۳۸/۳۱ a	۱/۹۱ ab	۱۹۷/۹۵ a	۳۹۸/۲۸ a
نیتروکسین					
C_1	۵۰/۰۵ b	۱۲۳/۵۴ b	۱/۸۳	۱۸۱/۳۷ b	۳۶۱/۷۸ b
C_2	۶۰/۲۶ a	۱۴۰/۳۷ a	۲/۰۴	۲۰۰/۸۵ a	۴۰۳/۵۳ a

*حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار بر اساس آزمون LSD می باشد

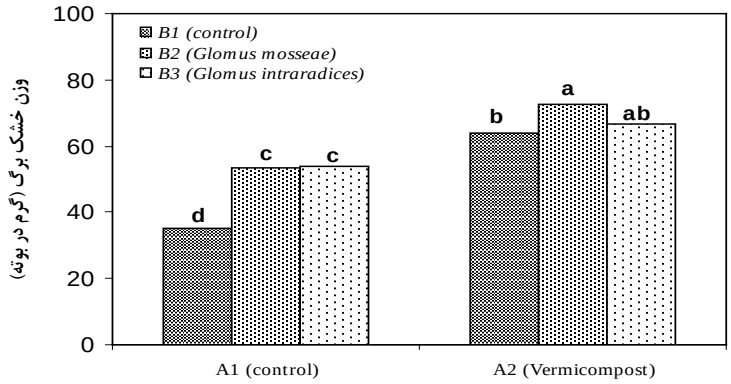
A_1: شاهد، A_2: ورمی کمپوست

B_1: شاهد، B_2: *Glomus mosseae*، B_3: *Glomus intraradices*

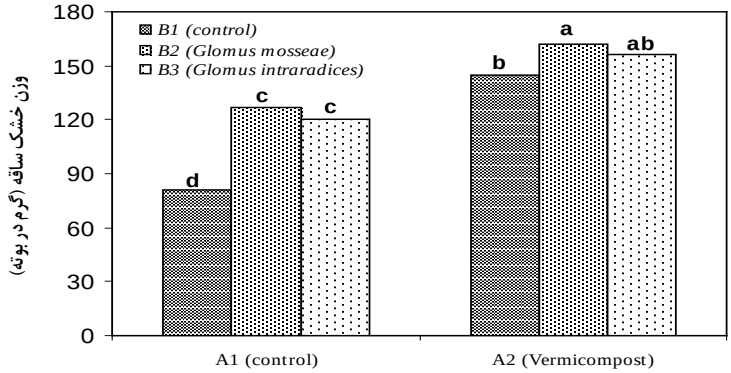
C_1: شاهد، C_2: نیتروکسین

اثر کاربرد همزمان ورمی کمپوست و میکوریزا بر وزن خشک برگ و ساقه در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بود (جدول ضمیمه۷). میانگین های صفات ذکر شده مربوط به این ترکیب تیماری در ۱۰۵ روز پس از کاشت در اشکال ۳-۶ و ۳-۷ مقایسه شده اند. همان طور که ملاحظه می شود بیشترین میزان وزن خشک برگ و ساقه در حالتی به دست آمد که از میکوریزا (B) در شرایط کاربرد ورمی کمپوست (A_2) استفاده شد. در شرایط عدم کاربرد ورمی کمپوست (A_1) نیز تلقیح میکوریزا موجب بهبود وزن خشک برگ و ساقه در مقایسه با شاهد گردید. در هر دو شرایط مصرف و عدم

مصرف ورمی کمپوست گونه *Glomus mosseae* (B_2) نسبت به گونه *Glomus intraradices* (B_3) برتر بود که البته از لحاظ آماری اختلاف معنی دار نبود.

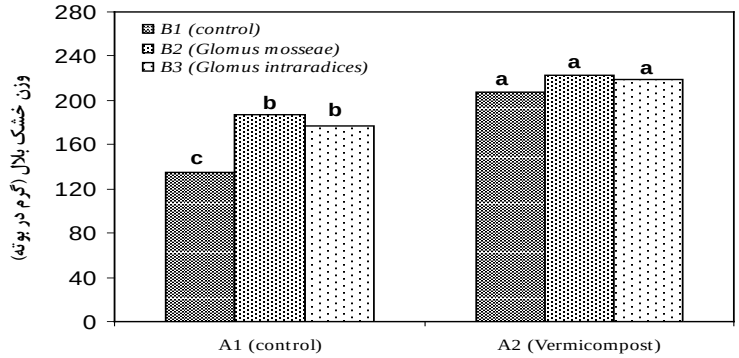


شکل۳-۶- مقایسه میانگین وزن خشک برگ در سطوح مختلف ورمی کمپوست و میکوریزا در نمونه برداری ششم



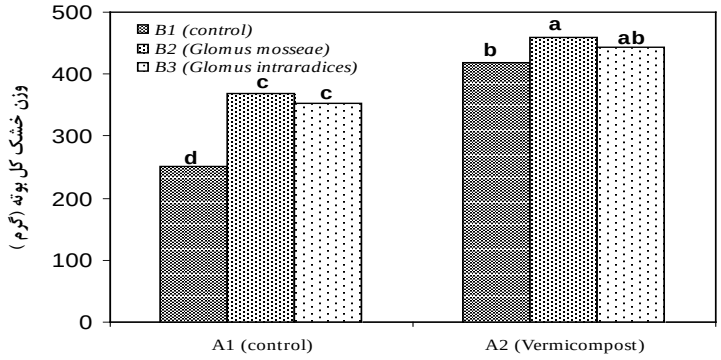
شکل۳-۷- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه در سطوح مختلف ورمی کمپوست و میکوریزا در نمونه برداری ششم

نتایج ارائه شده در جدول تجزیه واریانس (جدول ضمیمه ۷) حاکی از معنی دار بودن تاثیر متقابل ورمی کمپوست و میکوریزا بر وزن خشک بلال و کل بوته در سطح احتمال یک درصد بود. مقایسات میانگین نشان داد که تیمارهای حاوی ورمی کمپوست در سطوح تلقیحی میکوریزا از نظر تاثیر بر وزن خشک بلال در مقایسه با سایر تیمارها در سطح آماری بالاتری قرار گرفتند و تیمار شاهد کمترین وزن خشک بلال را (به میزان ۱۳۴/۴۲ گرم در بوته) به خود اختصاص داد (شکل۳-۸).



شکل۳-۸- مقایسه میانگین وزن خشک بلال در سطوح مختلف ورمی کمپوست و میکوریزا در نمونه برداری ششم

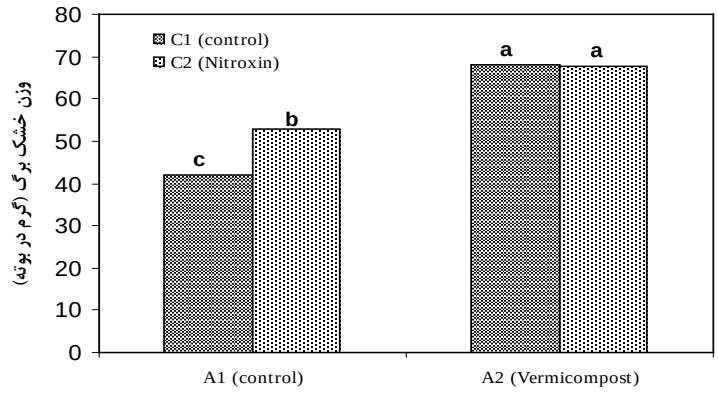
حداکثر میزان وزن خشک کل بوته با میانگین ۴۵۹/۲۳ گرم از ترکیب تیماری A_2B_3 (ورمی کمپوست و *Glomus mosseae*) حاصل شد که نسبت به ترکیب تیماری A_2B_2 (ورمی کمپوست و *Glomus intraradices*) با میانگین ۴۴۳/۹۶ گرم در بوته برتر بود هر چند این افزایش از لحاظ آماری معنی دار نبود. کمترین میانگین این صفت از تیمار شاهد به میزان ۲۵۱/۹۷ گرم در بوته بدست آمد، بین سایر تیمارها نیز اختلافات معنی داری مشاهده شد (شکل۳-۹).



شکل۳-۹- مقایسه میانگین وزن خشک کل بوته در سطوح مختلف ورمی کمپوست و میکوریزا در نمونه برداری ششم

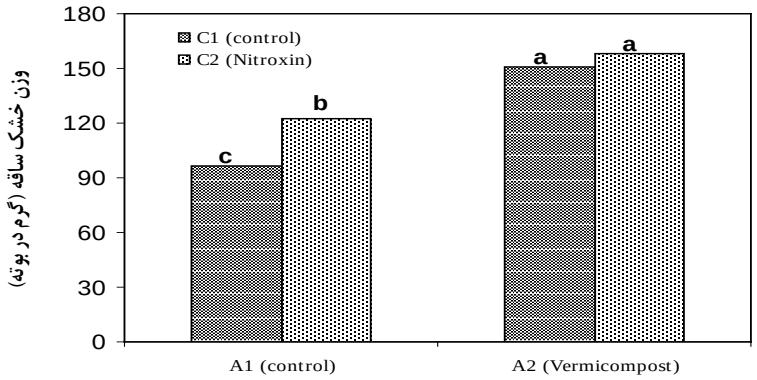
بر اساس نتایج تجزیه واریانس در جدول ضمیمه ۷ وزن خشک برگ و ساقه تحت تاثیر متقابل ورمی کمپوست و نیتروکسین قرار گرفت ($P<۰/۰۵$). مقایسات میانگین نشان داد که کلیه تیمارها با

شاهد اختلاف معنی داری نشان داده و ترکیبات تیماری A_2C_2 (ورمی کمپوست و نیتروکسین) و A_2C_1 (ورمی کمپوست و عدم تلقیح نیتروکسین) به ترتیب با مقادیر ۶۸/۰۴ و ۶۷/۶۴ گرم در بوته بیشترین میزان وزن خشک برگ را تولید نمودند که از لحاظ آماری اختلافی در بین آنها مشاهده نشد (شکل۳-۱۰).



شکل۳-۱۰- مقایسه میانگین وزن خشک برگ در سطوح مختلف ورمی کمپوست و نیتروکسین در نمونه برداری ششم

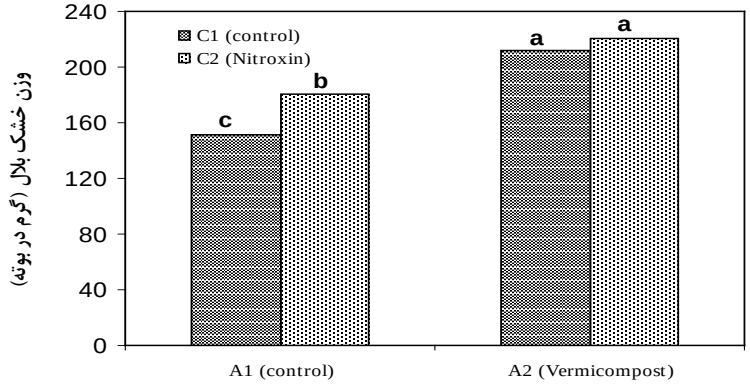
بیشترین میزان وزن خشک ساقه با میانگین ۱۵۸/۳۴ گرم در بوته از کاربرد توام ورمی کمپوست و نیتروکسین (A_2C_2) حاصل شد که با تاثیر ترکیب تیماری ورمی کمپوست و عدم تلقیح نیتروکسین (A_2C_1) با میانگین ۱۵۰/۶۲ گرم در بوته اختلاف معنی داری نداشت. کمترین میزان این صفت نیز با میانگین ۹۶/۴۶ گرم در بوته از تیمار شاهد بدست آمد (شکل۳-۱۱).



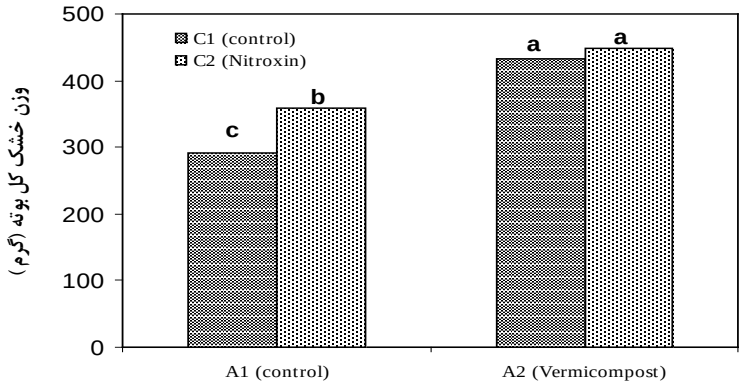
شکل۳-۱۱- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه در سطوح مختلف ورمی کمپوست و نیتروکسین در نمونه برداری ششم

نتایج تجزیه واریانس داده های آزمایش بیانگر معنی دار بودن تاثیر متقابل ورمی کمپوست و نیتروکسین بر وزن خشک بلال ($P<۰/۰۵$) و کل بوته ($P<۰/۰۱$) بود (جدول ضمیمه۷). همان طور که در اشکال ۳-۱۲ و ۳-۱۳ ملاحظه می شود روند افزایش میانگین وزن خشک بلال و کل بوته در پاسخ به کاربرد همزمان ورمی کمپوست و نیتروکسین از روندی مشابه با افزایش وزن خشک برگ و ساقه تبعیت می کرد. بدین ترتیب که تیمار ترکیبی A_2C_2 (ورمی کمپوست و نیتروکسین) و A_2C_1 (ورمی کمپوست و عدم تلقیح نیتروکسین) به ترتیب با میانگین ۲۲۱/۰۲ و ۲۱۱/۶۶ گرم در بوته بیشترین میزان وزن خشک بلال را به خود اختصاص دادند. تیمار شاهد نیز با میانگین ۱۵۱/۰۸ گرم در بوته در پایین ترین گروه آماری قرار گرفت.

همچنین حداکثر میزان وزن خشک کل بوته از کاربرد تیمارهای A_2C_2 (ورمی کمپوست و نیتروکسین) و A_2C_1 (ورمی کمپوست و عدم تلقیح نیتروکسین) حاصل شد که به ترتیب به میزان ۵۴/۱۵ و ۴۸/۴۰ درصد نسبت به شاهد افزایش نشان داد. کاربرد تیمار A_1C_2 (عدم مصرف ورمی کمپوست و نیتروکسین) نیز موجب افزایش مقدار این صفت در مقایسه با شاهد گردید (شکل۳-۱۳).



شکل۳-۱۲- مقایسه میانگین وزن خشک بلال در سطوح مختلف ورمی کمپوست و نیتروکسین در نمونه برداری ششم



شکل۳-۱۳- مقایسه میانگین وزن خشک کل بوته در سطوح مختلف ورمی کمپوست و نیتروکسین در نمونه برداری ششم

۳-۱-۷- نمونه برداری هفتم

نمونه برداری هفتم در ۱۲۰روز پس از کاشت و همزمان با رسیدگی بوته های ذرت انجام شد. جدول ضمیمه۸ نتایج تجزیه واریانس صفات مختلف در این برداشت را نشان می دهد. بر اساس نتایج آزمایش، تاثیر کاربرد ورمی کمپوست بر سطح برگ در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بود(جدول ضمیمه۸). در نتیجه کاربرد ورمی کمپوست میزان سطح برگ در حدود ۵۱ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت (جدول۳-۷). علت افزایش سطح برگ را می توان به خاصیت ظرفیت نگهداری بالای آب

ورمی کمپوست نسبت داد. مگینس و همکاران (۲۰۰۳) افزایش سطح برگ ریحان در تیمار ورمی کمپوست را به بهبود خواص فیزیکی محیط کشت شامل حاصلخیزی، تنظیم pH، افزایش فعالیت میکروارگانیسم ها و افزایش ظرفیت نگهداری آب نسبت دادند. نتایج آنها نشان می دهد که ورمی کمپوست باعث افزایش معنی دار پتانسیل نگهداری آب و مواد غذایی در گیاه شده و از این طریق باعث افزایش سطح برگ گیاه می شود. باچمن و متزگر (۱۹۹۸) در بررسی نتایج آزمایشات خود اظهار داشتند که افزودن ورمی کمپوست به محیط کشت بدون خاک در گل همیشه بهار باعث افزایش وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه و شاخص سطح برگ گردید.

تاثیر کاربرد ورمی کمپوست بر ارتفاع ساقه معنی دار بود ($P<۰/۰۵$، جدول ضمیمه ۸)، به طوری که میانگین ارتفاع ساقه در مقایسه با شاهد به میزان ۱۳/۶۵ درصد افزایش یافت (جدول۳-۷). افزایش ارتفاع در تیمار ورمی کمپوست را می توان احتمالاً به دلیل فراهمی بیشتر عناصر غذایی به ویژه نیتروژن دانست که رشد گیاه را تسریع نموده است (جیابل و کاپوسوامی، ۲۰۰۱). از طرفی موسکولو و همکاران (۱۹۹۹) علت افزایش ارتفاع را مربوط به تحریک تولید مواد اکسین مانند دانستند. نتایج این تحقیق در مورد تأثیر ورمی کمپوست بر افزایش ارتفاع با نتایج به دست آمده بر روی ارزن مرواریدی، مرزه، گوجه فرنگی، همیشه بهار و هویج مطابقت دارد (اتیه و همکاران، ۲۰۰۲a؛ موسکولو و همکاران، ۱۹۹۹؛ گاردزی و همکاران، ۲۰۰۰؛ هامدا و همکاران، ۲۰۰۶).

نتایج آزمایش نشان داد که وزن خشک برگ و ساقه تحت تاثیر کاربرد ورمی کمپوست قرار گرفت ($P<۰/۰۵$، جدول ضمیمه۸). مقدار وزن خشک برگ با کاربرد ورمی کمپوست معادل ۴۷/۲۱ گرم در بوته بدست آمد که نسبت به عدم کاربرد به میزان ۳۳/۵۶ گرم در بوته در حدود ۴۰ درصد برتری داشت (جدول۳-۷). براساس مقایسات میانگین کاربرد ورمی کمپوست وزن خشک ساقه را به میزان ۳۲/۶۷ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (جدول۳-۷).

وزن خشک تاج گل، با کاربرد ورمی کمپوست در مقایسه با عدم کاربرد آن در بوته های ذرت افزایش یافت، هرچند این افزایش از نظر آماری معنی دار نبود (جدول۳-۷). اثر کاربرد ورمی کمپوست بر وزن خشک بلال و کل بوته در سطح احتمال پنج درصد معنی دار گردید (جدول ضمیمه۸). بررسی میانگین نتایج نشان داد که کاربرد ورمی کمپوست مقدار وزن خشک بلال و کل بوته را به ترتیب به میزان ۲۷/۹۳ و۳۰/۳۳ درصد در مقایسه با شاهد افزایش بخشید (جدول ۳-۷). نتایج تان و همکاران (۱۹۸۳) بر روی سویا، بادام زمینی و شبدر و لی و بارلت (۱۹۷۶) بر روی ذرت و یولاف با نتایج ما در این آزمایش مطابقت دارد.

مقایسات میانگین نشان داد که مقدار وزن صد دانه با کاربرد ورمی کمپوست (معادل با ۳۱/۲۴ گرم) در مقایسه با شاهد (معادل با ۲۶/۳۹ گرم) بطور چشمگیر و معنی داری برتر بود (جدول ۳-۷). کاربرد ورمی کمپوست میانگین وزن خشک دانه را به میزان ۲۷/۱۶ درصد در مقایسه با عدم کاربرد آن افزایش داد که این مقدار از لحاظ آماری معنی دار بود (جدول ۳-۷). براساس نتایج تجزیه واریانس (جدول ضمیمه۸) کاربرد ورمی کمپوست موجب افزایش معنی دار وزن خشک پوست و چوب بلال در بوته های ذرت گردید (جدول ۳-۷). نتایج آزمایش حاکی از معنی دار بودن تاثیر کاربرد ورمی کمپوست بر تعداد دانه در هر ردیف بلال بود (جدول ضمیمه ۸)، هرچند تعداد ردیف دانه در بلال و طول بلال تحت تاثیر کاربرد آن قرار نگرفت (جدول۳-۷).

تعداد دانه در بوته در ۱۲۰ روز پس از کاشت تحت تاثیر کاربرد ورمی کمپوست قرار گرفت (جدول ضمیمه۸)، به طوری که کاربرد ورمی کمپوست باعث افزایش میانگین این صفت به میزان ۲۳/۶۹ درصد نسبت به شاهد شد (جدول۳-۷). در تحقیقی که توسط روی و سینگ (۲۰۰۶) انجام شد، مشاهدات بیانگر آن بود که کاربرد ۱۰ تن در هکتار ورمی کمپوست در مقایسه با عدم کاربرد آن، سبب افزایش قابل توجه تعداد سنبله در بوته جو گردید. آنها دریافتند که استفاده از ورمی کمپوست از

طریق تحریک میکروارگانیزم های مفید خاک و عرضه مداوم و پایدار عناصر معدنی به گیاه، موجب این افزایش شد.

نتایج آزمایش نشان داد که بین کاربرد و عدم کاربرد ورمی کمپوست از نظر تاثیر بر درصد کلونیزاسیون ریشه اختلاف آماری معنی داری وجود داشت (جدول ضمیمه ۸)، به نحوی که میزان کلونیزاسیون ریشه با کاربرد ورمی کمپوست حدود ۵۱ درصد در مقایسه با عدم کاربرد افزایش یافت (جدول۳-۷).

براساس نتایج تجزیه واریانس در جدول ضمیمه۸ تاثیر کاربرد میکوریزا بر سطح برگ معنی دار بود. بیشترین میزان سطح برگ با کاربرد گونه *Glomus mosseae* حاصل شد که نسبت به شاهد از اختلاف معنی داری برخوردار بود، تاثیر کاربرد هر دو گونه میکوریزا بر میزان سطح برگ در مقایسه با شاهد از لحاظ آماری مشابه بود (جدول۳-۷). تاکور و پانوار (۱۹۹۷) گزارش کردند که تلقیح میکوریزا در گیاه لوبیا باعث ۹/۱ درصد افزایش در سطح برگ شد. ارتفاع بوته های ذرت تحت تاثیر کاربرد میکوریزا قرار گرفت (جدول ضمیمه۸). میانگین نتایج بدست آمده نشان داد که ارتفاع بوته های تلقیح یافته با گونه های *Glomus mosseae* و*Glomus intraradices* به ترتیب به میزان ۱۰/۸۶ و ۹/۳۲ درصد در مقایسه با شاهد افزایش یافت(جدول۳-۷).

براساس نتایج تجزیه واریانس در جدول ضمیمه۸ اثر کاربرد گونه های میکوریزا بر وزن خشک ساقه و برگ در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود. براساس مقایسات میانگین بین دو گونه میکوریزا از نظر تاثیر بر وزن خشک ساقه اختلاف آماری وجود نداشت، ولی بین این گونه ها و شاهد اختلاف آماری قابل ملاحظه ای مشاهده گردید (جدول ۳-۷). همچنین میانگین وزن خشک برگ در بوته های تلقیح شده با گونه های *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* به ترتیب به میزان ۴۵/۳۹ و ۴۳/۳۵ گرم در بوته در مقایسه با شاهد به میزان ۳۲/۴۱ گرم در بوته بیشتر بود (جدول ۳-۷). اورطس و هریس (۱۹۹۶) اظهار داشتند که استفاده از قارچ میکوریزا سرعت رشد گیاه را افزایش

داده و بر تخصیص و انتقال بیوماس بین ریشه و ساقه اثر می گذارد، به طوری که با جذب بیشتر عناصر غذایی و انتقال آنها وزن خشک اندام های هوایی افزایش می یابد.

نتایج نشان داد که وزن خشک بلال به طور معنی داری تحت تاثیر گونه های میکوریزا قرار گرفت (جدول ضمیمه۸). جدول۳-۷ اثر تلقیح میکوریزا بر وزن خشک بلال را نشان می دهد. همان طور که ملاحظه می گردد با کاربرد گونه های *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* مقدار وزن خشک بلال به ترتیب به میزان ۱۷/۱۴ و ۱۳/۹۷ درصد در مقایسه با شاهد افزایش یافت.

مقایسه میانگین ها نشان داد که بین تلقیح و عدم تلقیح میکوریزا از لحاظ تاثیر بر وزن خشک کل بوته اختلاف معنی داری وجود دارد (جدول ضمیمه۸)، به طوری که گونه *Glomus mosseae* بیشترین و تیمار شاهد کمترین میزان وزن خشک کل بوته را به خود اختصاص داد. تاثیر کاربرد هر دو گونه میکوریزا بر مقدار افزایش وزن خشک کل بوته از لحاظ آماری مشابه بود (جدول ۳-۷). در خصوص اثر همزیستی میکوریزایی بر روی عملکرد بیولوژیک ذرت، می توان استنباط کرد که بهبود میزان فتوسنتز و رشد، موجب افزایش بیوماس بوته و در نهایت عملکرد بیولوژیک می گردد. در همین زمینه، کاپور و همکاران (۲۰۰۴) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. آگوئیلرا گومز و همکاران (۱۹۹۹) افزایش زیست توده ریشه، اندام های هوایی و میوه را در گیاهان فلفل میکوریزایی شده با *Glomus intraradices* مشاهده کردند. فنگ و همکاران (۲۰۰۲) در تحقیق خود بر روی تاثیر تنش خشکی بر میزان تحمل گیاه ذرت میکوریزایی شده، مشاهده کردند که وزن خشک ریشه و اندام های هوایی در نتیجه همزیستی با میکوریزا (جنس گلوموس) افزایش یافت.

وزن صد دانه تحت تاثیر تلقیح میکوریزا قرار گرفت (جدول ضمیمه۸). با بررسی میانگین های حاصل مشخص شد که بیشترین میزان وزن صد دانه مربوط به گونه *Glomus mosseae* (با میانگین ۳۰/۴۷ گرم) بود که با تاثیر گونه دیگر از لحاظ آماری اختلاف معنی داری نداشت. کمترین میزان این صفت نیز از تیمار شاهد (با میانگین ۲۷ گرم) بدست آمد (جدول۳-۷).

براساس نتایج آزمایش تلقیح میکوریزا مقدار وزن خشک دانه در بوته های ذرت را به طور معنی داری افزایش داد (جدول ضمیمه۸)، بطوری که با کاربرد گونه های *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* میانگین این صفت به ترتیب به میزان ۱۷/۳۰ و ۱۳/۹۸ درصد در مقایسه با شاهد افزایش یافت (جدول ۳-۷). سوبرامانیان و همکاران (۱۹۹۷) گزارش کردند که در گیاه ذرت تلقیح شده با میکوریزا (*Glomus intraradices*) عملکرد دانه افزایش یافته و محتوای N،P،K ، Mg، Mn و Zn در دانه این گیاهان نسبت به شاهد بیشتر بود. اثر تلقیح میکوریزا بر وزن خشک تاج گل و پوست بلال معنی دار نبود (جدول ضمیمه۸).

مقادیر وزن خشک چوب بلال حاصل از تاثیر گونه های میکوریزا بر بوته های ذرت در جدول ۳-۷ بیان شده است. همان طور که ملاحظه می شود تلقیح میکوریزا سبب افزایش معنی دار ($P<۰/۰۵$) میانگین این صفت در مقایسه با شاهد گردید (جدول ضمیمه۸)، به طوری که تلقیح گونه *Glomus mosseae* بیشترین تاثیر را بر وزن خشک چوب بلال داشت و آن را به میزان ۲۲/۱۹ درصد نسبت به شاهد افزایش بخشید. بین هر دو گونه میکوریزا از نظر تاثیر بر وزن خشک چوب بلال تفاوت معنی داری وجود نداشت.

نتایج ارائه شده در جدول تجزیه واریانس داده های آزمایش (جدول ضمیمه ۸) حاکی از معنی دار بودن ($P<۰/۰۱$) تاثیر تلقیح میکوریزا بر تعداد دانه در هر ردیف بلال بوته های ذرت بود، هر چند طول بلال و تعداد ردیف دانه در بلال تحت تاثیر کاربرد میکوریزا قرار نگرفت. براساس مقایسه میانگین داده ها، با کاربرد گونه های *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* تعداد دانه در هر ردیف بلال به ترتیب به میزان ۱۸/۶۷ و ۱۷/۶۳ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت (جدول ۳-۷). تاثیر تلقیح میکوریزا بر تعداد دانه در بوته معنی دار بود (جدول ضمیمه ۸). بیشترین میانگین تعداد دانه در بوته از تلقیح گونه *Glomus mosseae* بدست آمد که نسبت به تاثیر تلقیح گونه *Glomus intraradices* اختلاف معنی داری نداشت، هر چند نسبت به شاهد در حدود ۱۸درصد برتر بود

(جدول۳-۷). در یک پژوهش، کاپور و همکاران (۲۰۰۴) نشان دادند که تلقیح رازیانه با قارچ میکوریزا سبب افزایش معنی دار تعداد چتر در بوته گردید. همچنین در پژوهشی که توسط سوبرامانیان و همکاران (۲۰۰۶) بر روی گوجه فرنگی انجام گرفت، مشخص گردید که همزیستی ریشه گوجه فرنگی با یک گونه از میکوریزا، باعث افزایش معنی دار تعداد گل در بوته در مقایسه با تیمار شاهدگردید. امیرآبادی و همکاران (۱۳۸۶) و احتشامی و همکاران (۱۳۸۶) گزارش کردند که کاربرد میکوریزا باعث افزایش معنی دار صفات تعداد دانه در ردیف بلال، تعداد ردیف دانه در بلال، تعداد دانه در بلال، وزن بلال و عملکرد ماده خشک تولیدی ذرت نسبت به عدم کاربرد آن شد. گزارش ابدالی (۲۰۰۵) و موسوی و همکاران (۲۰۰۵) نیز مؤید نتایج فوق می باشد.

نتایج آزمایش نشان داد که درصد کلونیزاسیون ریشه در تیمارهای تلقیح بذر با گونه های میکوریزا نسبت به تیمار شاهد به طور معنی داری بالاتر بود (جدول ضمیمه ۸). حداکثر کلونیزاسیون ریشه به میزان ۷۵/۹۲ درصد از تلقیح بذر با گونه *Glomus mosseae* مشاهده گردید که از لحاظ آماری با تاثیر تلقیح بذر با گونه *Glomus intraradices* اختلاف معنی داری نداشت. تیمار شاهد نیز با کمترین میزان کلونیزاسیون ریشه (۱۶/۰۸ درصد) در پایین ترین سطح آماری قرار گرفت (جدول۳-۷).

بر اساس نتایج تجزیه واریانس جدول ضمیمه۸، اثر کاربرد نیتروکسین بر سطح برگ و ارتفاع بوته معنی دار بود ($P<0/01$)، به طوری که میزان سطح برگ و ارتفاع بوته های ذرت، در مقایسه با شاهد به ترتیب به میزان ۳۱/۹۱ و ۷/۹ درصد افزایش یافت (جدول ۳-۷). کاپولنیک و همکاران (۱۹۸۲) افزایش ارتفاع بوته ذرت در نتیجه تلقیح بذر بوسیله باکتری آزوسپیریلوم لیپوفروم و زهیر و همکاران (۱۹۹۸) افزایش ۸/۵ درصدی ارتفاع بوته ذرت که بذرهای آن با باکتری های ازتوباکتر و سودوموناس فلوروسانس تلقیح شده بودند را گزارش کردند. همچنین افزایش ارتفاع بوته ذرت (رقم

سینگل کراس ۷۰۴) که بذرهای آن با باکتری های جنس آزوسپیریلوم تلقیح شده بود توسط روستا و همکاران (۱۳۷۷) گزارش شد.

وزن خشک ساقه و برگ تحت تاثیر تلقیح نیتروکسین قرار گرفت (جدول ضمیمه ۸)، به طوری که مقدار وزن خشک ساقه در تیمار نیتروکسین با میانگین ۱۲۵/۹۹گرم در بوته در مقایسه با شاهد با میانگین ۱۰۹/۴۱ گرم در بوته بیشتر بود. وزن خشک برگ نیز با تلقیح نیتروکسین به میزان ۲۵/۶۷ درصد در مقایسه با شاهد افزایش یافت (جدول۳-۷).

نتایج ارائه شده در جدول تجزیه واریانس (جدول ضمیمه ۸) حاکی از معنی دار بودن تاثیر کاربرد نیتروکسین بر وزن خشک بلال و کل بوته در سطح احتمال یک درصد بود، به طوری که کاربرد نیتروکسین موجب افزایش وزن خشک بلال به میزان ۱۱/۵۵ درصد در مقایسه با شاهد شد (جدول۳-۷). مقدار وزن خشک کل بوته نیز با کاربرد نیتروکسین معادل با ۴۵۳/۴۶ گرم در بوته بدست آمد که نسبت به عدم کاربرد به میزان ۳۹۸/۴۵ گرم در بوته حدود ۱۴درصد برتری داشت (جدول۳-۷). افزایش وزن خشک بخش هوایی بوته ذرت در اثر کاربرد باکتری های محرک رشد توسط محققین بسیاری گزارش شده است (جاوید و همکاران، ۱۹۹۸؛ زهیر و همکاران، ۲۰۰۰). استانچوا و همکاران (۱۹۹۲) افزایش وزن خشک بوته بر اثر تلقیح بذرها با باکتری آزوسپیریلوم برازیلنس را نشان دادند و زهیر و همکاران (۲۰۰۰) افزایش ۱۸ درصدی وزن خشک بوته ذرت که بذرهای آن با باکتری های ازتوباکتر و سودوموناس تلقیح شده بودند را گزارش کردند. در جدول ۳-۷ مقادیر وزن خشک تاج گل، پوست بلال و چوب بلال نشان داده شده است. تلقیح نیتروکسین سبب افزایش معنی دار وزن خشک پوست و چوب بلال در نمونه برداری هفتم گردید ولی تاثیری بر وزن خشک تاج گل نداشت (جدول ضمیمه۸).

تاثیر تلقیح نیتروکسین بر وزن صد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ضمیمه۸). مقدار وزن صد دانه با کاربرد نیتروکسین در مقایسه با عدم کاربرد آن در حدود ۹ درصد

برتری داشت (جدول۳-۷). وزن خشک دانه بطور معنی داری تحت تاثیر کاربرد نیتروکسین قرار گرفت (جدول ضمیمه۸)، بطوری که براساس مقایسه میانگین داده ها، کاربرد نیتروکسین وزن خشک دانه را به میزان ۸/۴۳ درصد نسبت به شاهد افزایش بخشید (جدول۳-۷). زهیر و همکاران (۱۹۹۸) افزایش ۱۹/۸ درصدی عملکرد دانه ذرت در اثر تلقیح توام بذر با باکتری های ازتوباکتر و سودوموناس، تیلاک و همکاران (۱۹۸۲) افزایش عملکرد دانه ذرت در اثر تلقیح توام بذر با باکتری های ازتوباکتر کروکوکوم[1] و آزوسپیریلوم برازیلنس[2] و فولچایری و فریونی (۱۹۹۴) افزایش ۵۹ درصدی عملکرد دانه ذرت با افزایش تعداد دانه های بلال تا دو برابر در اثر تلقیح بذر با باکتری آزوسپیریلوم را گزارش کردند.

تلقیح نیتروکسین موجب افزایش معنی دار مقدار طول بلال، تعداد دانه در هر ردیف و تعداد ردیف دانه در هر بلال بوته های ذرت نسبت به عدم تلقیح آن گردید (جدول ضمیمه۸ و جدول۳-۷). براساس نتایج مندرج در جدول ضمیمه ۸ و جدول ۳-۷ کاربرد نیتروکسین تعداد دانه در بوته را در مقایسه با عدم تلقیح آن به میزان ۲۰/۹۲ درصد افزایش داد که این مقدار از لحاظ آماری معنی دار بود. پاسخ گیاهان به تلقیح با آزوسپیریلوم و ازتوباکتر، بیشتر به صورت افزایش وزن خشک گیاه، ازدیاد میزان نیتروژن دانه، افزایش پنجه‌ها و گل آذین‌های بارور و شمار سنبله‌ها، افزایش شمار دانه‌های هر سنبله و وزن هزار دانه، ازدیاد ارتفاع گیاه و طول برگ، تسریع در مراحل جوانه زنی و گلدهی گزارش شده است (کاپولنیک و همکاران، ۱۹۸۵).

بررسی های کاپولنیک و همکاران (۱۹۸۲)، همچنین افزایش وزن تر و خشک برگ های بوته ذرت و افزایش ارتفاع بوته را در اثر تلقیح بذر با باکتری های جنس آزوسپیریلوم نشان داد. همچنین افزایش وزن خشک بوته و عملکرد دانه ذرت در اثر تلقیح بذر با ازتوباکتر کروکوکوم و تلقیح توام بذر با باکتری های جنس ازتوباکتر و آزوسپیریلوم گزارش شد (تیلاک و همکاران،۱۹۸۲).

1-*Azotobacter chroococcum*
2-*Azospirillum brasilense*

نتایج آزمایش نشان داد که بین تلقیح و عدم تلقیح نیتروکسین از نظر تاثیر بر درصد کلونیزاسیون ریشه اختلاف آماری معنی داری وجود داشت (جدول ضمیمه۸)، به نحوی که درصد کلونیزاسیون ریشه با تلقیح نیتروکسین معادل ۲۷/۹۵ درصد در مقایسه با شاهد افزایش یافت (جدول۳-۷).

جدول ۳-۷- میانگین اثرات اصلی ورمی کمپوست، میکوریزا و نیتروکسین بر وزن خشک اندامهای هوایی در نمونه برداری هفتم

تیمار	سطح برگ بوته (سانتیمترمربع)	ارتفاع بوته (سانتیمتر)	وزن خشک برگ (گرم در بوته)	وزن خشک ساقه (گرم در بوته)	وزن خشک تاج گل (گرم در بوته)	وزن خشک بلال (گرم در بوته)	وزن خشک کل (گرم در بوته)	وزن ۱۰۰ دانه (گرم)	وزن خشک دانه (گرم در بوته)
ورمی کمپوست									
A_1	۳۲۸۱/۳۳ b	۱۷۷/۸۳ b	۳۳/۵۶ b	۱۰۱/۱۷ b	۱/۶۵	۲۳۳/۴۹ b	۳۶۹/۸۶ b	۲۶/۳۳ b	۱۹۰/۸۸ b
A_2	۴۹۶۶/۱۷ a	۲۰۲/۱۱ a	۴۷/۲۱ a	۱۳۴/۲۳ a	۱/۹۰	۲۹۸/۷۱ a	۴۸۲/۰۵ a	۳۱/۵۲ a	۲۴۲/۷۳ a
میکوریزا									
B_1	۳۲۸۱/۳۳ b	۱۷۸/۰۰ b	۳۲/۴۱ b	۱۰۰/۸۵ b	۱/۸۰	۲۴۱/۱۰ b	۳۷۶/۱۶ b	۲۶/۳۳ b	۱۹۶/۳۳ b
B_2	۴۶۳۵/۹۲ a	۱۹۷/۳۳ a	۴۵/۳۹ a	۱۲۹/۰۱ a	۱/۷۳	۲۸۲/۴۱ a	۴۵۸/۵۴ a	۳۰/۸۳ a	۲۳۰/۳۰ a
B_3	۴۴۶۷/۳۳ a	۱۹۴/۵۸ a	۴۳/۳۵ a	۱۲۳/۲۵ a	۱/۷۹	۲۷۴/۷۹ a	۴۴۳/۱۶ a	۲۹/۶۱ a	۲۲۳/۷۸ a
نیتروکسین									
C_1	۳۵۵۶/۳۹ b	۱۸۳/۷۲ b	۳۵/۷۹ b	۱۰۹/۴۱ b	۱/۶۸	۲۵۱/۵۷ b	۳۹۸/۴۵ b	۲۷/۶۶ b	۲۰۸/۰۴ b
C_2	۴۶۹۱/۱۱ a	۱۹۶/۲۲ a	۴۴/۹۸ a	۱۲۵/۹۹ a	۱/۸۶	۲۸۰/۶۳ a	۴۵۳/۴۶ a	۳۰/۲۰ a	۲۲۵/۵۷ a

*حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار بر اساس آزمون LSD می باشد

A_1: شاهد، A_2: ورمی کمپوست

B_1: شاهد، B_2: *Glomus mosseae*، B_3: *Glomus intraradices*

C_1: شاهد، C_2: نیتروکسین

ادامه جدول ۳-۷- میانگین اثرات اصلی ورمی کمپوست، میکوریزا و نیتروکسین بر وزن خشک اندامهای هوایی در نمونه برداری هفتم

تیمار	وزن خشک پوست بلال (گرم در بوته)	چوب بلال (سانتیمتر)	طول بلال (سانتیمتر)	تعداد ردیف دانه در بلال	تعداد دانه در هر ردیف	تعداد دانه در بوته	کلونیزاسیون ریشه (درصد)
ورمی کمپوست							
A_1	۱۶/۶۴ b	۲۵/۹۷ b	۱۸/۳۳	۱۴/۷۸	۴۰/۵۰ b	۶۱۰/۱۷ b	۴۴/۷۸ b
A_2	۲۶/۷۵ a	۲۹/۲۳ a	۱۹/۳۹	۱۵/۳۳	۴۹/۵۶ a	۷۵۴/۷۲ a	۶۶/۷۲ a
میکوریزا							
B_1	۲۰/۳۷	۲۴/۳۹ b	۱۷/۸۳	۱۴/۷۵	۴۰/۱۷ b	۶۰۷/۱۷ b	۱۶/۰۸ b
B_2	۲۲/۳۱	۲۹/۸۱ a	۱۹/۵۸	۱۵/۱۷	۴۷/۶۷ a	۷۲۵/۶۷ a	۷۵/۹۲ a
B_3	۲۲/۴۰	۲۸/۶۰ ab	۱۹/۱۷	۱۵/۲۵	۴۷/۲۵ a	۷۱۴/۵۰ a	۷۵/۲۵ a
نیتروکسین							
C_1	۱۷/۹۷ b	۲۹/۵۶ b	۱۷/۷۸ b	۱۴/۲۸ b	۴۳/۱۷ b	۶۱۷/۸۳ b	۴۸/۹۴ b
C_2	۲۵/۴۱ a	۲۹/۶۴ a	۱۹/۹۴ a	۱۵/۸۳ a	۴۶/۸۹ a	۷۴۷/۰۶ a	۶۲/۵۶ a

*حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار بر اساس آزمون LSD می باشد

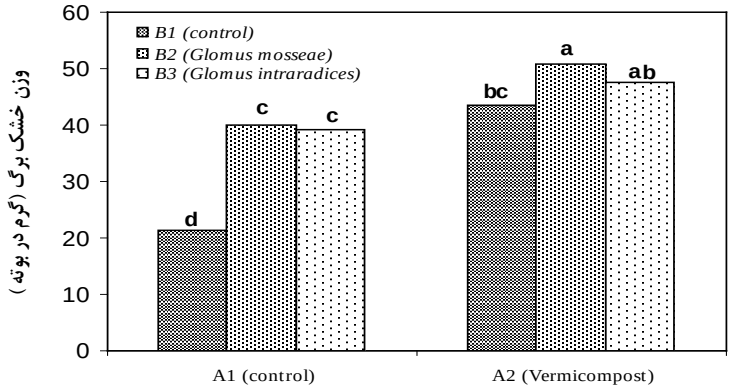
A_1: شاهد، A_2: ورمی کمپوست

B_1: شاهد، B_2: *Glomus mosseae*، B_3: *Glomus intraradices*

C_1: شاهد، C_2: نیتروکسین

نتایج تجزیه واریانس اثر متقابل ورمی کمپوست و میکوریزا بر صفات اندازه گیری شده در نمونه برداری هفتم در جدول ضمیمه ۸ آمده است. کاربرد همزمان ورمی کمپوست و میکوریزا باعث بهبود میزان سطح برگ بوته و ارتفاع ساقه در مقایسه با شاهد گردید هر چند این مقدار از نظر آماری معنی دار نبود (جدول ضمیمه۸).

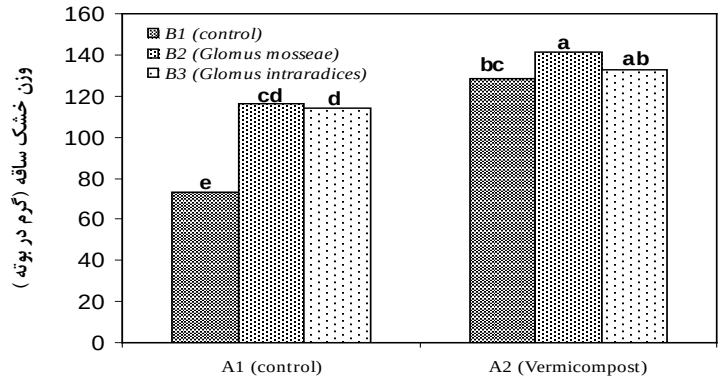
نتایج ارائه شده در جدول تجزیه واریانس (جدول ضمیمه ۸) حاکی از معنی دار بودن تاثیر متقابل ورمی کمپوست و میکوریزا بر وزن خشک برگ و ساقه در سطح احتمال یک درصد بود. حداکثر میزان وزن خشک برگ از دو تیمار A_2B_2 (ورمی کمپوست و *Glomus mosseae*) و A_2B_3 (ورمی کمپوست و *Glomus intraradices*) حاصل شد که نسبت به یکدیگر اختلاف معنی داری نداشت. تیمار شاهد نیز با کمترین میزان در پایین ترین سطح آماری قرار گرفت (شکل۳-۱۴).



شکل۳-۱۴- مقایسه میانگین وزن خشک برگ در سطوح مختلف ورمی کمپوست و میکوریزا در نمونه برداری هفتم

همان طور که در شکل ۳-۱۵ ملاحظه می گردد در ۱۲۰روز پس از کاشت نتایج مشابهی از روند افزایش میزان وزن خشک ساقه در پاسخ به ترکیب تیماری AB (کاربرد همزمان ورمی کمپوست و میکوریزا) مشاهده شد. به این ترتیب که بیشترین میانگین وزن خشک ساقه به میزان ۱۴۱/۶۷ گرم در بوته از تیمار A_2B_2 (ورمی کمپوست و *Glomus mosseae*) بدست آمد که با تاثیر تیمار A_2B_3

(ورمی کمپوست و *Glomus intraradices*) تفاوت قابل ملاحظه ای نداشت و در سطح آماری بالاتری نسبت به سایر تیمارها قرار گرفت. کمترین میزان وزن خشک ساقه با میانگین ۷۳/۱۳ گرم در بوته از تیمار شاهد حاصل شد.

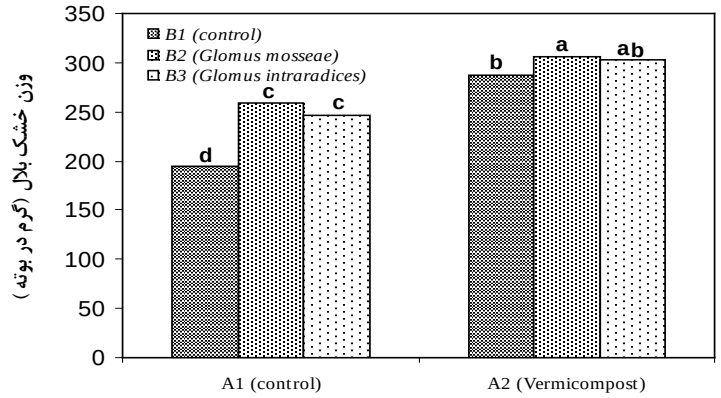


شکل۳-۱۵- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه در سطوح مختلف ورمی کمپوست و میکوریزا در نمونه برداری هفتم

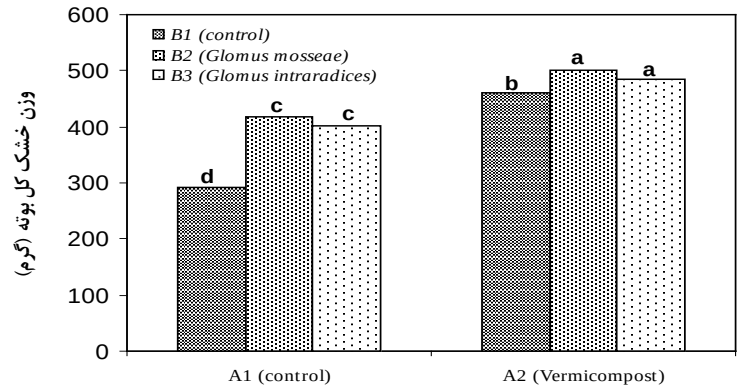
نتایج بدست آمده در خصوص تاثیر متقابل ورمی کمپوست و میکوریزا بر مقدار وزن خشک تاج گل، پوست بلال و چوب بلال بیانگر عدم تاثیر معنی دار آن بر صفات ذکر شده بود (جدول ضمیمه۸).

تاثیر کاربرد همزمان ورمی کمپوست و میکوریزا (AB) بر وزن خشک بلال و کل بوته در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ضمیمه ۸). میانگین های مربوط به صفات ذکر شده تحت تاثیر ترکیب تیماری (AB) در اشکال ۳-۱۶ و ۳-۱۷ مقایسه شده اند. بر این اساس در نمونه برداری هفتم حداکثر وزن خشک بلال و کل بوته در شرایط کاربرد همزمان ورمی کمپوست و تلقیح *Glomus mosseae* (به ترتیب به میزان ۳۰۵/۶۷ و ۴۹۹/۹۴ گرم در بوته) مشاهده گردید که البته اختلاف معنی داری با شرایط مصرف ورمی کمپوست و تلقیح *Glomus intraradices* (به ترتیب به میزان ۳۰۲/۷۶ و ۴۸۴/۵۸ گرم در بوته) نداشت. کاربرد گونه های میکوریزا در شرایط عدم مصرف ورمی کمپوست (A_1) نیز میزان وزن خشک بلال و کل بوته را بطور چشمگیری در مقایسه با شاهد بهبود بخشید هر چند نسبت به تاثیر تیمار A_2B_1 (مصرف ورمی کمپوست و عدم تلقیح میکوریزا) کاهش

معنی داری نشان داد. در این آزمایش مقایسه تیمارهای A_2B_3 (ورمی کمپوست و *Glomus intraradices*) و A_2B_2 (ورمی کمپوست و *Glomus mosseae*) با سایر تیمارها و شاهد در صفات مورد بررسی برتری کاربرد همزمان ورمی کمپوست و میکوریزا را آشکار نمود.



شکل۳-۱۶- مقایسه میانگین وزن خشک بلال در سطوح مختلف ورمی کمپوست و میکوریزا در نمونه برداری هفتم



شکل۳-۱۷- مقایسه میانگین وزن خشک کل بوته در سطوح مختلف ورمی کمپوست و میکوریزا در نمونه برداری هفتم

در خصوص اثر استفاده از ورمی کمپوست بر روی ویژگی های مورد بررسی در گیاهان زراعی مشخص شد که کاربرد ورمی کمپوست موجب بهبود چشمگیری در عملکرد بیولوژیک جو می شود (کوماوات و همکاران، ۲۰۰۶). در تحقیقی دیگر که روی گیاه نخود انجام شد، مشخص گردید که مصرف سه تن در هکتار ورمی کمپوست، باعث افزایش بارز عملکرد بیولوژیک در مقایسه با شاهد می

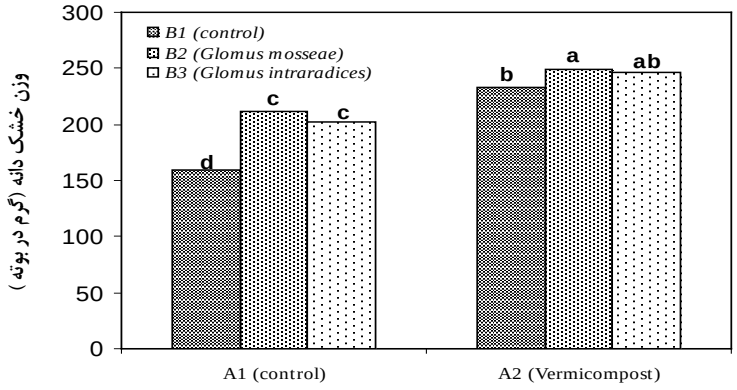
گردد (جات و آحلوت،۲۰۰۴ و ۲۰۰۶). در مطالعات انجام گرفته روی ارزن مرواریدی نیز افزایش قابل توجه عملکرد بیولوژیک نسبت به شاهد در نتیجه کاربرد ورمی کمپوست مشاهده گردید (هامدا و همکاران، ۲۰۰۶). افزودن ورمی کمپوست به خاک ممکن است نه تنها فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را افزایش داده است بلکه با بهبود شرایط فیزیکی و فرآیندهای حیاتی خاک، ضمن ایجاد یک محیط مناسب برای رشد ریشه، موجبات افزایش رشد اندام هوایی نظیر ارتفاع و متعاقب آن تولید ماده خشک را نیز فراهم کرده است. در همین رابطه در پژوهشی که با استفاده از مقادیر مختلف ورمی کمپوست روی گیاه دارویی ریحان صورت گرفت، انور و همکاران (۲۰۰۵) نشان دادند که مصرف پنج تن در هکتار ورمی کمپوست همراه با کود شیمیایی NPK به میزان ۲۵، ۳۵ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار برتری محسوسی از نظر عملکرد بیولوژیک نسبت به شاهد داشت. آنها اظهار داشتند که افزودن ورمی کمپوست به خاک با بهبود بخشیدن شرایط بیولوژیکی خاک، ضمن فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، موجبات افزایش رشد پیکره رویشی و تولید بیوماس را نیز فراهم آورده است.

گزارش زالر (۲۰۰۷) نیز مبین آن بود که کاربرد ورمی کمپوست موجب بهبود معنی دار عملکرد بیولوژیک ارقام گوجه فرنگی، نسبت به تیمار شاهد گردید. در خصوص اثر همزیستی میکوریزایی بر روی عملکرد بیولوژیک ذرت، می توان استنباط کرد که بهبود میزان فتوسنتز و رشد، موجب افزایش بیوماس بوته و در نهایت عملکرد بیولوژیک می گردد. در همین زمینه، کاپور و همکاران (۲۰۰۴) نیز در بررسی بر روی گیاه رازیانه به نتایج مشابهی دست یافتند. همچنین بنظر می رسد که مصرف ورمی کمپوست از طریق تاثیر مثبتی که بر درصد همزیستی میکوریزایی و گسترش هیف های خارجی اعمال کرد و متعاقب آن تأثیری که قارچ میکوریزا بر گسترش و رونق رشد ریشه گیاه میزبان داشت، موجب بهبود رشد و نمو و سرانجام افزایش عملکرد بیولوژیک ذرت گردید. یافته های ساینز و همکاران (۱۹۹۸) بر روی گیاهان شبدر قرمز و خیار نیز با نتیجه این تحقیق مطابقت دارد. آنها دریافتند که کاربرد مقادیر مناسب ورمی کمپوست توأم با تلقیح میکوریزایی، ضمن بهبود شر ایط

بیولوژیکی خاک، قادر است از طریق جذب مطلوب عناصر معدنی و افزایش رشد گیاه، سبب بهبود عملکرد بیولوژیک آن شود. همچنین کاوندر و همکاران (۲۰۰۳) در پژوهشی روی گیاه سورگوم دانه ای، مشاهده نمودند که کاربرد توأم میکوریزا و ورمی کمپوست موجب افزایش محسوس عملکرد بیولوژیک گردید. آنها اظهار داشتند که این افزایش ناشی از اثر مستقیم ورمی کمپوست بر درصد همزیستی میکوریزایی نبود، بلکه حاصل اثر عناصر غذایی موجود در ورمی کمپوست بر روی توسعه و گسترش مستقیم و غیر مستقیم شبکه قارچ و تأثیر آن بر تحریک رشد ریشه گیاه میزبان بود.

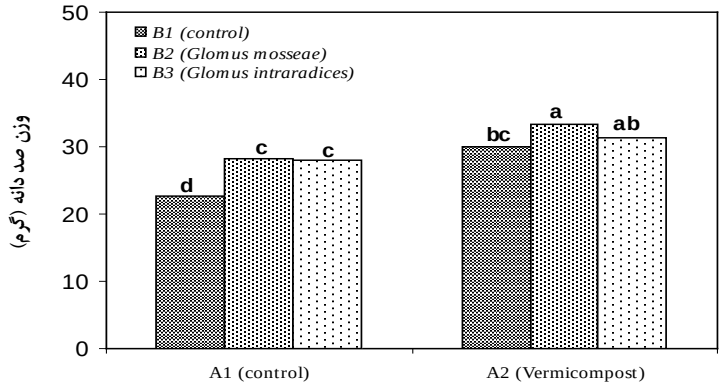
تیمارهای کودهای زیستی مطلوب در مقایسه با تیمار شاهد به مراتب شرایط مناسب تری را برای بهبود فعالیت های میکروبی مفید در خاک مهیا کردند و از طریق جذب مطلوب عناصر معدنی پر مصرف و کم مصرف توسط ریشه ذرت، موجب افزایش رشد گیاه شدند. این یافته با نتایج بسیاری از تحقیقات مرتبط با کشاورزی پایدار که مبتنی بر استفاده از منابع آلی و بیولوژیک همراه با مصرف متعادل کودهای شیمیایی می باشد و در آنها مورد تأیید و تأکید قرار گرفته است موافقت دارد (شارما، ۲۰۰۲؛ کاپور و همکاران، ۲۰۰۴؛ روی و سینگ، ۲۰۰۶).

وزن خشک دانه و وزن صد دانه به طور معنی داری تحت تاثیر متقابل ورمی کمپوست و میکوریزا قرار گرفت (جدول ضمیمه۸). براساس مقایسه میانگین داده ها (شکل ۳-۱۸) تیمار A_2B_2 (ورمی کمپوست و *Glomus mosseae*) بیشترین مقدار وزن خشک دانه را (با میانگین ۲۴۹ گرم در بوته) به خود اختصاص داد که نسبت به تاثیر تیمار A_2B_3 (ورمی کمپوست و *Glomus intraradices*) (با میانگین ۲۴۵/۹۴ گرم در بوته) از اختلاف معنی داری برخوردار نبود. تیمار A_2B_1 (ورمی کمپوست و عدم تلقیح میکوریزا) نیز از لحاظ تاثیر بر وزن خشک دانه (با میانگین ۲۳۳/۲۴ گرم در بوته) در مقایسه با تیمارهای حاوی سطوح تلقیح میکوریزایی در شرایط عدم مصرف ورمی کمپوست در سطح آماری بالاتری قرار گرفت.



شکل۳-۱۸- مقایسه میانگین وزن خشک دانه در سطوح مختلف ورمی کمپوست و میکوریزا در نمونه برداری هفتم

روند افزایش میزان وزن صد دانه در پاسخ به کاربرد همزمان ورمی کمپوست و میکوریزا در شکل۳-۱۹ ارائه شده است. همان طور که ملاحظه می شود در شرایط مصرف ورمی کمپوست، تلقیح میکوریزایی باعث افزایش چشمگیر وزن صد دانه در مقایسه با سایر تیمارها گردید به طوری که مقدار این صفت در تیمار ورمی کمپوست و *Glomus mosseae* حداکثر شد و نسبت به شاهد معادل ۴۶ درصد افزایش نشان داد. هر چند از لحاظ آماری نسبت به تیمار ورمی کمپوست و *Glomus intraradices* اختلاف معنی داری نداشت. در شرایط عدم مصرف ورمی کمپوست نیز تلقیح میکوریزا موجب افزایش معنی دار وزن صد دانه نسبت به شاهد گردید. در واقع نتایج حاصل شده از تاثیر این ترکیب تیماری بر وزن خشک اندام های هوایی و عملکرد ذرت مؤید این مطلب است که کاربرد همزمان ورمی کمپوست و میکوریزا احتمالاً از طریق تامین عناصر غذایی لازم (پرمصرف و کم مصرف) در مراحل مختلف رشد گیاه منجر به افزایش رشد و در نهایت عملکرد گیاه شده است.



شکل۳-۱۹- مقایسه میانگین وزن صد دانه در سطوح مختلف ورمی کمپوست و میکوریزا در نمونه برداری هفتم

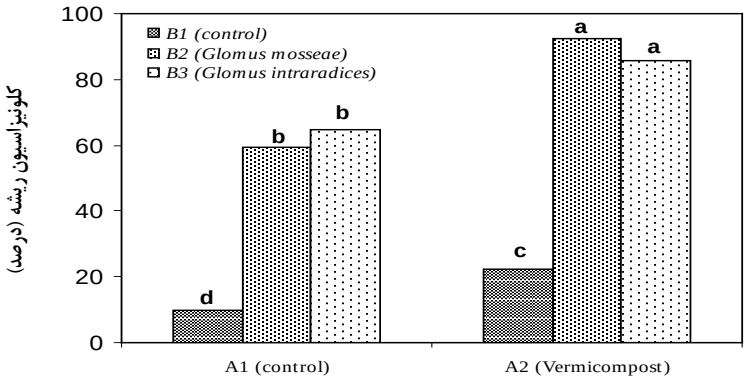
همزیستی قارچ های میکوریزا با گیاهان باعث افزایش عملکرد محصولات به میزان ۳۷ درصد می شود (مک گونیل، ۱۹۸۸). پژوهشگران بسیاری گزارش کرده اند که همزیستی میکوریزا در شرایط گلخانه ای نیز افزایش ۲۳ درصدی عملکرد را به دنبال دارد (لیک برگ و کویید، ۲۰۰۵). تامپسون (۱۹۹۴) گزارش نمود که عملکرد دانه درگیاهان میکوریزایی بیشتر از گیاهان شاهد بوده و وزن خشک دانه آنها نیز همبستگی مستقیم با همزیستی میکوریزایی دارد. آستارایی (۱۳۸۵) گزارش کرد که کاربرد ۲۰ درصد حجمی ورمی کمپوست به محیط کشت خاک باعث افزایش معنی دار وزن هزار دانه، تعداد سنبله و تعداد دانه در بوته اسفرزه گردید. یافته های ساینز و همکاران (۱۹۹۸) بر روی خیار و شبدر قرمز نشان داد که کاربرد همزمان میکوریزا و ورمی کمپوست، یک اثر تشدید کننده بر غلظت فسفر در گیاهان یاد شده دارد، به گونه ای که مصرف ورمی کمپوست از طریق حلالیت مطلوب فسفر در بستر کشت، سبب جذب مناسب فسفر توسط هیف های گسترده میکوریزا شده و متعاقب آن با بهبود وزن خشک گیاه، موجب افزایش غلظت فسفر در گیاه می شود. همچنین به نظر می رسد که رهاسازی مطلوب پتاسیم توسط ورمی کمپوست و سطح جذب مناسبی که قارچ میکوریزا برای گیاه میزبان فراهم آورده، می تواند به یک اثر مشارکتی در جذب عناصر معدنی نظیر پتاسیم تبدیل گشته و از طریق افزایش وزن خشک گیاه و پیامد آن وزن دانه، موجب بهبود غلظت پتاسیم در دانه شود.

یافته های سریواستاوا و همکاران (۲۰۰۲) بر روی مرکبات نیز به چنین تاثیر افزایشی در اثر متقابل بین قارچ میکویزا و ورمی کمپوست برای جذب عناصر معدنی توسط گیاه اشاره دارد. از آنجا که عملکرد دانه برآیندی از صفات مختلف گیاهی نظیر وزن هزار دانه، بهبود عناصر غذایی و عملکرد بیولوژیک می باشد، بنابراین همزیستی گیاه ذرت از طریق افزایش این صفات، سبب افزایش عملکرد دانه نسبت به تیمار عدم تلقیح گردید. در پژوهش هایی که در همین خصوص بر روی گندم و ماش سبز تحت شرایط گلخانه ای انجام شد، مشخص گردید که کاربرد مایه تلقیح میکوریزایی موجب بهبود بارز عملکرد دانه در دو گیاه یاد شده در مقایسه با عدم تلقیح میکوریزایی گردید (سینگ و کاپور، ۱۹۹۸ و ۱۹۹۹). همچنین مشاهده های ایلباس و ساهین (۲۰۰۵) نیز مؤید این نکته بود که همزیستی میکوریزای گونه *Glomus fasiculatum* با ریشه گاه سویا، از طریق بهبود غلظت نیتروژن و فسفر در دانه، سبب افزایش معنی دار عملکرد دانه نسبت به شاهد می شود. در این رابطه می توان استنباط کرد که کاربرد ورمی کمپوست از طریق تاثیر بر قدرت جذب، نگهداری و فراهم کردن بالای رطوبت و عناصر غذایی مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم بر روی افزایش اجزاء عملکرد ذرت نظیر ارتفاع، وزن هزار دانه و بیوماس اثر گذاشته و موجب بهبود عملکرد دانه شد. این موضوع در نتایج تحقیقات کوماوات و همکاران (۲۰۰۶) بر روی جو، امبا (۱۹۹۶) بر روی نخود و عزیزی و همکاران (۱۳۸۳) بر روی ریحان قابل مشاهده است. همچنین در تحقیقی که توسط روی و سینگ (۲۰۰۶) و تحت شرایط مزرعه ای صورت گرفت، مشاهده ها بیانگر آن بود که کاربرد ۱۰ تن ورمی کمپوست در مقایسه با عدم کاربرد، سبب افزایش قابل توجه عملکرد دانه در گیاه جو شد.

نتایج ارائه شده در جدول تجزیه واریانس (جدول ضمیمه ۸) بیانگر معنی دار بودن تاثیر متقابل ورمی کمپوست و میکوریزا بر درصد کلونیزاسیون ریشه در سطح احتمال یک درصد بود.

مقایسات میانگین نشان داد که درصد همزیستی ریشه در تیمارهای A_2B_2 (ورمی کمپوست و *Glomus mosseae*) و A_2B_3 (ورمی کمپوست و *Glomus intraradices*) به ترتیب با میانگین ۹۲/۳۳

و ۸۵/۶۷ درصد برتری چشمگیری نسبت به تیمارهای A_1B_2 (عدم مصرف ورمی کمپوست و *Glomus mosseae*) و A_1B_3 (عدم مصرف ورمی کمپوست و *Glomus intraradices*) به ترتیب با میانگین ۵۹/۵ و ۶۴/۸۳ درصد داشت. کمترین درصد کلونیزاسیون ریشه نیز با میانگین ۱۰ درصد در تیمار شاهد مشاهده شد (شکل ۳-۲۰).

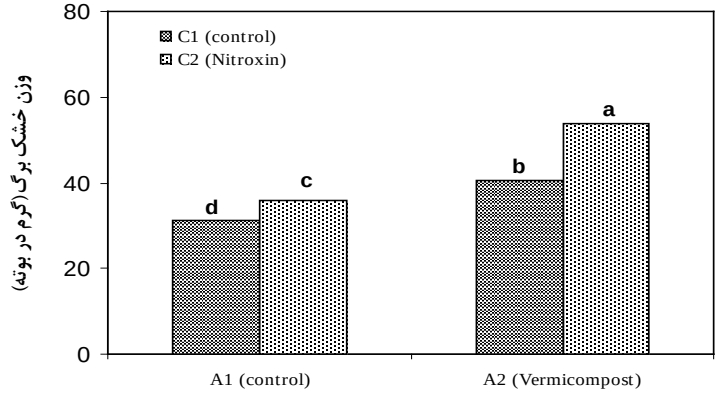


شکل۳-۲۰- مقایسه میانگین درصد کلونیزاسیون ریشه در سطوح مختلف ورمی کمپوست و میکوریزا در نمونه برداری هفتم

استنباط می شود که عناصر غذایی موجود در ورمی کمپوست از طریق تحریک رشد ریشه ذرت، موجب بهبود درصد همزیستی ریشه با میکوریزا شده باشند. گزارش کیل و همکاران (۱۹۸۷) مبین آن بود که کاربرد ورمی کمپوست از طریق تأثیر بر تحریک رشد ریشه، موجب افزایش درصد همزیستی ریشه در گیاه دارویی مریم گلی گردید. گزارش شیواپوترا و همکاران (۲۰۰۴) نیز مبین آن بود که مصرف ورمی کمپوست تحت شر ایط گلخانه ای در گیاه خربزه درختی (*Papaya*)، سبب بهبود قابل ملاحظه درصد همزیستی ریشه در مقایسه با شاهد گردید . تلقیح گیاه دارویی علف لیمو (*Cymbopogon martinii*) با گونه ای قارچ میکوریزایی (*Glomus aggregatum*) سبب افزایش قابل توجه عملکرد بیولوژیک و درصد همزیستی ریشه گردید(راتی و همکاران، ۲۰۰۱). در همین خصوص طی مطالعه دیگری که بر روی نعناع (*Mentha arvensis*) انجام گرفت، گوپتا و همکاران (۲۰۰۲)

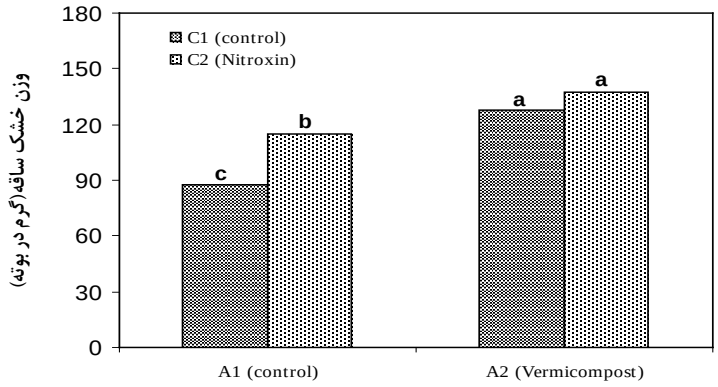
گزارش کردند که تلقیح گیاه نعناع با گونه ای قارچ میکوریزای به طور قابل ملاحظه ای عملکرد بیولوژیک و درصد همزیستی ریشه را در مقایسه با گیاهان تلقیح نشده، افزایش داد.

اثر متقابل ورمی کمپوست و نیتروکسین بر وزن خشک برگ و ساقه معنی دار بود (جدول ضمیمه۸). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بین شاهد و سایر تیمارها از لحاظ تاثیر بر مقدار وزن خشک برگ اختلاف قابل ملاحظه ای وجود دارد، به نحوی که تیمار ترکیبی ورمی کمپوست و نیتروکسین (A_2C_2) با میانگین ۵۳/۹۷ گرم در بوته بیشترین و تیمار شاهد با میانگین ۳۱/۱۳ گرم در بوته کمترین مقدار این صفت را به خود اختصاص داد (شکل۳-۲۱).



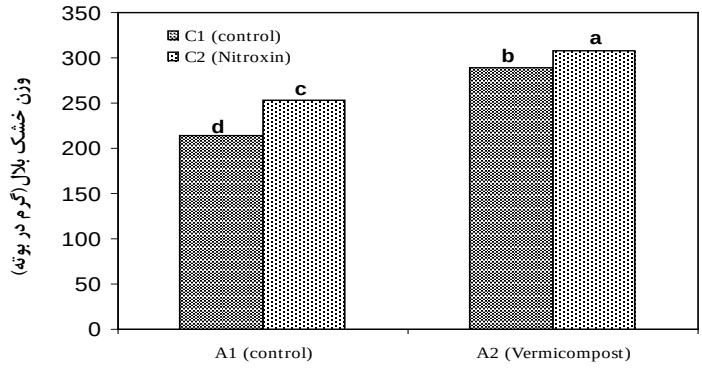
شکل۳-۲۱- مقایسه میانگین وزن خشک برگ در سطوح مختلف ورمی کمپوست و نیتروکسین در نمونه برداری هفتم

بیشترین میزان وزن خشک ساقه از کاربرد تیمار A_2C_2 (ورمی کمپوست و تلقیح نیتروکسین) حاصل شد که نسبت به تاثیر تیمار A_2C_1 (ورمی کمپوست و عدم تلقیح نیتروکسین) اختلاف آماری نداشت، هر چند نسبت به شاهد در حدود ۵۶ درصد بیشتر بود (شکل۳-۲۲).



شکل۳-۲۲- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه در سطوح مختلف ورمی کمپوست و نیتروکسین در نمونه برداری هفتم

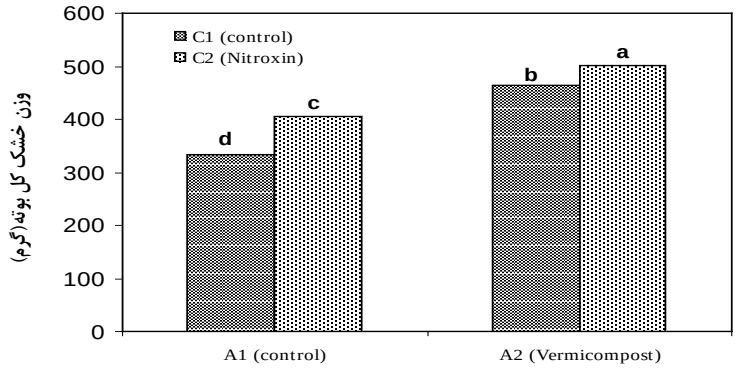
وزن خشک بلال و کل بوته تحت تاثیر کاربرد همزمان ورمی کمپوست و نیتروکسین در سطح احتمال ۰/۰۵ قرار گرفت (جدول ضمیمه۸). تیمار A_2C_2 (ورمی کمپوست و نیتروکسین)، بیشترین مقدار وزن خشک بلال را به خود اختصاص داد که نسبت به سایر تیمارها و شاهد از اختلاف معنی داری برخوردار بود (شکل۳-۲۳).



شکل۳-۲۳- مقایسه میانگین وزن خشک بلال در سطوح مختلف ورمی کمپوست و نیتروکسین در نمونه برداری هفتم

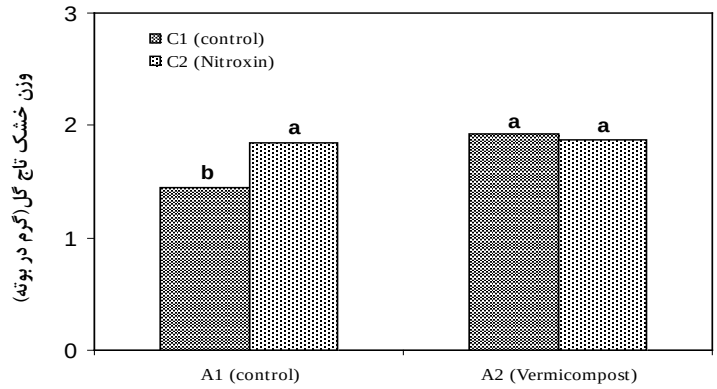
همچنین حداکثر وزن خشک کل بوته به میزان ۵۰۱/۲۶ گرم در بوته از کاربرد توام ورمی کمپوست و نیتروکسین (A_2C_2) بدست آمد که نسبت به سایر تیمارها در سطح آماری بالاتری قرار

گرفت. کمترین میزان وزن خشک کل بوته با میانگین ۳۳۴/۰۷ گرم در بوته از تیمار شاهد حاصل شد. بین سایر تیمارها نیز اختلافات معنی داری مشاهده شد (شکل۳-۲۴).

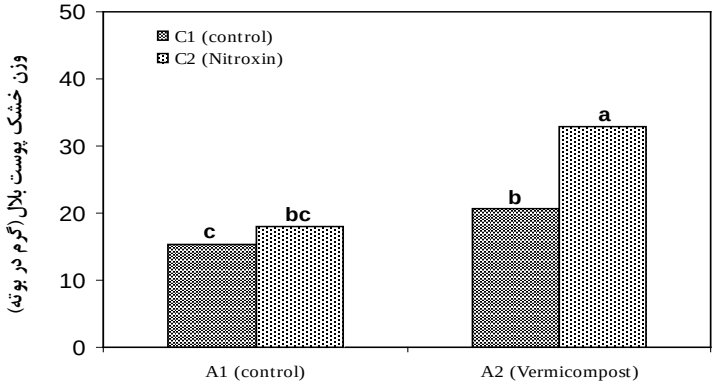


شکل۳-۲۴- مقایسه میانگین وزن خشک کل بوته در سطوح مختلف ورمی کمپوست و نیتروکسین در نمونه برداری هفتم

براساس نتایج آزمایش اثر متقابل دو عامل ورمی کمپوست و نیتروکسین بر وزن خشک تاج گل و پوست بلال معنی دار بود (جدول ضمیمه۸)، به طوری که بیشترین وزن خشک تاج گل در تیمار A_2C_2 (ورمی کمپوست و نیتروکسین) مشاهده گردید که نسبت به تیمار شاهد برتر بود. بین سایر تیمارها نیز اختلاف معنی دار مشاهده نشد (شکل ۳-۲۵). تیمار A_2C_2 (ورمی کمپوست و نیتروکسین)، بیشترین وزن خشک پوست بلال را به خود اختصاص داد و باعث افزایش قابل توجه مقدار این صفت نسبت به شاهد گردید (شکل۳-۲۶).

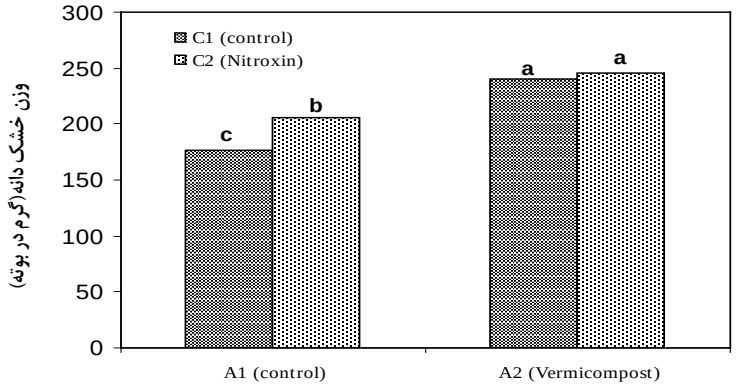


شکل۳-۲۵- مقایسه میانگین وزن خشک تاج گل در سطوح مختلف ورمی کمپوست و نیتروکسین در نمونه برداری هفتم



شکل۳-۲۶- مقایسه میانگین وزن خشک پوست بلال در سطوح مختلف ورمی کمپوست و نیتروکسین در نمونه برداری هفتم

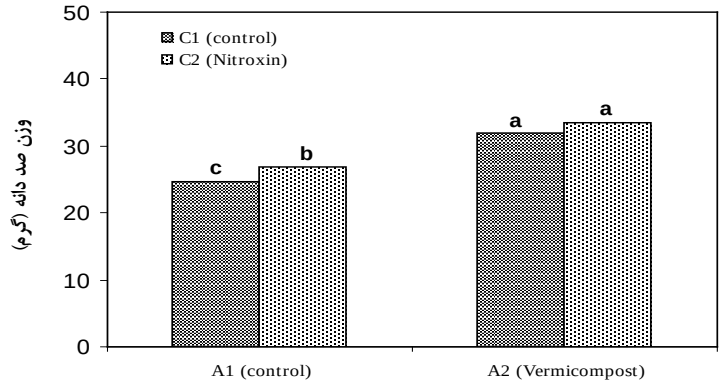
نتایج تجزیه واریانس داده های آزمایش حاکی از معنی دار بودن تاثیر متقابل ورمی کمپوست و نیتروکسین بر وزن خشک دانه در سطح احتمال یک درصد بود (جدول ضمیمه ۸). براساس مقایسه میانگین داده ها (شکل۳-۲۷) بیشترین مقدار وزن خشک دانه از ترکیب توام ورمی کمپوست و نیتروکسین (A_2C_2) به میزان ۲۵۴/۴۶ گرم در بوته بدست آمد که نسبت به شاهد معادل ۳۹/۴۰ درصد برتری داشت، هر چند در مقایسه با تاثیر تیمار ورمی کمپوست و عدم تلقیح نیتروکسین (A_2C_1) از اختلاف معنی داری برخوردار نبود.



شکل۳-۲۷- مقایسه میانگین وزن خشک دانه در سطوح مختلف ورمی کمپوست و نیتروکسین در نمونه برداری هفتم

اگرچه کاربرد همزمان ورمی کمپوست و نیتروکسین باعث افزایش میانگین سایر صفات مورد بررسی در مقایسه با شاهد گردید اما این تاثیر از لحاظ آماری معنی دار نبود (جدول ضمیمه۸).

روند افزایش وزن صد دانه در پاسخ به تاثیر متقابل ورمی کمپوست و نیتروکسین از روندی مشابه با افزایش وزن خشک دانه تبعیت می کرد. به این ترتیب که حداکثر وزن صد دانه در تیمار ورمی کمپوست و نیتروکسین (A_2C_2) (با میانگین ۳۳/۵۱ گرم در بوته) مشاهده شد که نسبت به تاثیر تیمار ورمی کمپوست و عدم تلقیح نیتروکسین (A_2C_1) (با میانگین ۳۱/۹۹ گرم در بوته) اختلاف معنی داری نداشت. تیمار شاهد با کمترین مقدار این صفت با میانگین ۲۴/۷۸ گرم در بوته در پایین ترین سطح آماری قرار گرفت (شکل۳-۲۸).



شکل۳-۲۸- مقایسه میانگین وزن صد دانه در سطوح مختلف ورمی کمپوست و نیتروکسین در نمونه برداری هفتم

نتایج مطالعات روستا و همکاران (۱۳۷۷) بیانگر افزایش وزن خشک بوته ذرت (رقم سینگل کراس ۷۰۴) در اثر تلقیح بذر با باکتری های جنس آزوسپیریلوم بود. همچنین براساس گزارش جاوید و همکاران (۱۹۹۸) وزن خشک بخش هوایی بوته ذرت در اثر کاربرد باکتری های محرک رشد به میزان ۶۸/۴ درصد افزایش یافت. همیاری باکتری های محرک رشد با ریشه ذرت و ترشح مواد تنظیم کننده و تحریک کننده رشد گیاه مانند اکسین ها (فالیک و همکاران، ۱۹۸۹)، جیبرلین ها (لوکانگل و بوتینی، ۱۹۹۷) توسط آزوسپیریلوم برازیلنس، همچنین ترشح اکسین ها، جیبرلین ها و سیتوکینین ها به وسیله ازتوباکتر کروکوکوم (مارتینزتولدو و همکاران، ۱۹۸۸) مهم ترین دلیل افزایش رشد و عملکرد ذرت گزارش شده است.

در گیاه *Vallisneria spiralis* کاربرد کودهای بیولوژیکی حاوی مخلوط باکتری های *Bacillus* sp. و *Pseudomonas rubiacearum* در ترکیب با کود آلی کمپوست سبب ۳۴ درصد افزایش وزن خشک گیاه نسبت به تیمارهایی شد که تنها از کود آلی استفاده شده بود و علاوه بر این جمعیت باکتری های حل کننده فسفات و تثبیت کننده نیتروژن در محیط ریشه گیاه در این تیمار افزایش یافت (یانگ و همکاران، ۲۰۰۴). حسن الدین (۲۰۰۳) در طی یک آزمایش بر روی ذرت گزارش کرد که تلقیح خاک با ازتوباکتر و مواد آلی، قابلیت جذب نیتروژن و فسفر را به بالاترین حد خود رسانید و میزان محصول ذرت را نیز به میزان قابل توجهی افزایش داد. هاشمی مجد و همکاران (۲۰۰۴) نشان دادند که کاربرد ورمی کمپوست باعث افزایش مقدار عناصر غذایی مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن، روی منگنز و مس در اندام هوایی گیاه ذرت نسبت به تیمار شاهد گردید. توماتی و همکاران (۱۹۹۴) اظهار داشتند که کاربرد ورمی کمپوست کل وزن خشک گیاه و جذب نیتروژن توسط گیاه نخود را افزایش می دهد. چوئی و همکاران (۲۰۰۳) عنوان نمودند که ورمی کمپوست نسبت به سایر کود های مورد استفاده فراهمی بیشتر عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم را باعث شده و در خصوص اثرات متقابل مثبت بین آزاد سازی عناصر از ورمی کمپوست و جذب گیاهی

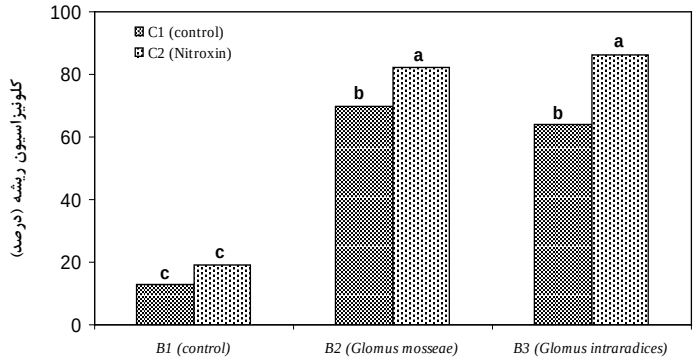
کانتازارو و همکاران (۱۹۹۸) اظهار داشتند که آزادسازی تدریجی عناصر جذب گیاهی را افزایش داده و هدرروی (آبشویی) عناصر خاک را کاهش می دهد. با مصرف کودهای آلی، میزان مواد آلی خاک افزایش یافته و موجب بهبود فعالیت های میکروبی خاک و بهتر فراهم کردن عناصر ماکرو و میکرو مورد نیاز گیاه می شود(یاداو و همکاران، ۲۰۰۰؛ یادویندر و همکاران، ۲۰۰۴).

در جدول ضمیمه۸ نتایج تجزیه واریانس اثر تلقیح همزمان میکوریزا و نیتروکسین بر صفات اندازه گیری شده در نمونه برداری هفتم آمده است. همان طور که ملاحظه می گردد هیچ یک از صفات مورد بررسی در ۱۲۰ روز پس از کاشت تحت تاثیر تلقیح همزمان میکوریزا و نیتروکسین قرار نگرفت، با این وجود وزن خشک اندام های هوایی در طول دوره رشد در تیمارهای شامل تلقیح هر دو عامل کود زیستی (B_3C_2 (*Glomus intraradices* و نیتروکسین) و (B_2C_2 (*Glomus mosseae* و نیتروکسین) در مقایسه با تیمارهای شامل سطوح میکوریزایی و عدم تلقیح نیتروکسین (B_3C_1 و B_2C_1) بهبود یافت هر چند این مقدار از لحاظ آماری معنی دار نبود.

به عبارت دیگر در تیمارهای ترکیبی که مخلوطی از باکتری های ازتوباکتر و آزوسپیریلوم (نیتروکسین) همراه با هر دو گونه میکوریزا استفاده شده بود، بدلیل اثرات مختلف این ریزموجودات در تثبیت نیتروژن و قابلیت دسترسی بهتر عناصر غذایی برای گیاه، روندی افزایشی در بهبود رشد گیاه ملاحظه شد. نتایج حاصل از تحقیق میجاهد و همکاران (۲۰۰۴) در بررسی اثر باکتری های *lipoferum* ، *megaterium*، *Azotobacter chroococcum*، *Azospirillum* و *Bacillus* به تنهایی یا در ترکیب با یکدیگر بر رشد و عملکرد کرفس وحشی حاکی از آن است که کاربرد این باکتریها منجر به تولید مواد محرک رشد گیاه در محیط ریشه گردید و از طرف دیگر افزایش رشد، عملکرد و اسانس گیاه در مقایسه با تیمارهای تلقیح نشده را بهمراه داشت. نتایج تحقیق راتی و همکاران (۲۰۰۱) حاکی از آن است که ترکیب قارچ مایکوریزا با باکتریهای محرک رشد گیاه از جمله باسیلوس و آزوسپیریلوم منجر به افزایش بیوماس و میزان فسفر در گیاه دارویی علف لیمو (*Cymbopogon martinii*) گردید. گزارشات متعددی

مبنی بر وجود اثرات متقابل مثبت بین میکوریزا و سایر موجودات ذره بینی خاک وجود دارد، به عنوان مثال دادز و میلر (۱۹۹۹) گزارش کردند که گرما، رطوبت و دی اکسید کربن تولید شده در نتیجه فعالیتهای باکتری های تحریک کننده رشد همراه قارچ، جوانه زنی و رشد هیف ها را تشدید می کند. موجودات میکروبی همزیست با قارچ های میکوریزا بر توسعه بیشتر هیف در خاک و متابولیت های ثانویه آنها که توسط هیف جذب شده و به گیاه میزبان منتقل می گردد اثرات زیادی دارند. برخی از محققان (گریندلر، ۲۰۰۰؛ بتلنفالوی و لیندرمن، ۱۹۹۲) وجود اثر متقابل بین میکوریزا و باکتری های محرک رشد از قبیل ازتوباکتر و بیجرینکیا را گزارش کرده اند که کاربرد توام رشد گیاه را در مقایسه با کاربرد منفرد افزایش داد ولی در هیچکدام از تیمارها تثبیت نیتروژن آشکار نشد. سوبرامانیان و کارست (۱۹۹۸) گزارش کردند که زیست توده هوایی گیاه ذرت تلقیح شده با میکوریزا (*Glomus intraradices*) افزایش یافت. آنها دلیل این موضوع را بهبود وضعیت عناصر غذایی و در نهایت افزایش رشد گیاه دانستند. پانوار (۱۹۹۱) در تحقیق خود بر روی گندم تلقیح شده با میکوریزا و باکتری آزوسپیریلوم، گزارش کرد که باکتری عمدتاً رشد ریشه را تشدید کرد، در حالیکه قارچ، وزن ریشه و اندام های هوایی را افزایش داد. براساس گزارش جهان و همکاران (۱۳۸۶) بیشترین ماده خشک تولیدی گیاه ذرت در تلقیح توام میکوریزا (*Glomus intraradices*) و نیتروکسین ملاحظه شد که علیرغم تفاوت در مقادیر ماده خشک تولیدی در اثر کاربرد انواع میکروارگانیسم ها، مقدار عملکرد تفاوت معنی داری نداشت. این موضوع که چه مقدار از ماده خشک تولیدی توسط گیاه صرف تولید عملکرد شود تحت کنترل عوامل متعددی از جمله خصوصیات ژنتیکی گیاه و نیز شرایط محیطی قرار دارد (ایوانز، ۱۹۹۳؛ سفیر، ۱۹۸۷). لذا کم بودن عملکرد در یگ گیاه نمی تواند دلیل بر کم بودن رشد و یا عملکرد ماده خشک آن باشد. ظرفیت مخزن، روابط بین مبدا و مخزن، نسبت بین هورمون های مختلف، شرایط محیطی به خصوص دما و رطوبت از مهمترین عوامل تاثیرگذار بر شکل گیری عملکرد گیاهان زراعی هستند (ایوانز، ۱۹۹۳).

نتایج آزمایش حاکی از معنی دار بودن اثر تلقیح همزمان میکوریزا و نیتروکسین بر درصد کلونیزاسیون ریشه در سطح احتمال ۰/۰۱ بود (جدول ضمیمه ۸)، به طوری که بیشترین میزان کلونیزاسیون ریشه در تلقیح همزمان بذر با تیمار B_3C_2 (*Glomus intraradices*) و نیتروکسین با میانگین ۸۶/۳۳ درصد) مشاهده گردید که از لحاظ آماری با تاثیر کاربرد تلقیح بذر با تیمار B_2C_2 (*Glomus mosseae*) و نیتروکسین با میانگین ۸۲/۱۷ درصد) مشابه بود. تیمار B_1C_2 (نیتروکسین در سطح عدم تلقیح میکوریزایی) و شاهد نیز با اختصاص کمترین میزان درصد کلونیزاسیون ریشه (به ترتیب با میانگین ۱۹/۱۷ و ۱۳ درصد) در پایین ترین سطح آماری قرار گرفتند (شکل۳-۲۹).



شکل۳-۲۹- مقایسه میانگین درصد کلونیزاسیون ریشه در سطوح مختلف میکوریزا و نیتروکسین در نمونه برداری هفتم

افزایش درصد کلونیزاسیون ریشه ذرت در تلقیح دوگانه را می توان به برهمکنش مثبت میکوریزا و باکتری های آزادزی نسبت داد. پاکوفسکی و همکاران (۱۹۸۵) گزارش کردند که تلقیح سورگوم با باکتری آزوسپیریلوم سبب افزایش کلونیزاسیون میکوریزا، زیست توده و تعداد وزیکول های قارچی شد. مارولاندا و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که تلقیح دوگانه گیاه *Retama sphaerocarpa* با باکتری *Bacillus turengiensis* و قارچ *Glomus intraradices* سبب بیشترین مقدار کلونیزاسیون ریشه و تراکم آرباسکول شد. در برخی حالات حضور باکتری های دیازوتروف از

طریق تولید هورمون های گیاهی باعث افزایش رشد گیاه و اختصاص کربن بیشتر به ریشه می شود که عامل اخیر می تواند سبب تشدید فعالیت میکوریزا و در پی آن کلونیزاسیون بیشتر ریشه شود (بارآ و همکاران، ۲۰۰۵؛ کاپولنیک و همکاران، ۱۹۸۷).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده های آزمایش بیانگر عدم تاثیر معنی دار کاربرد همزمان هر سه عامل ورمی کمپوست، میکوریزا و نیتروکسین بر وزن خشک اندام های هوایی در نمونه برداری هفتم معنی دار بود، هرچند کاربرد همزمان این سه عامل باعث بهبود کلیه صفات در نمونه برداری هفتم گردید (جدول ضمیمه۸).

۳-۲- شاخصهای رشد ذرت

۳-۲-۱- تجمع ماده خشک (TDM)[1]:

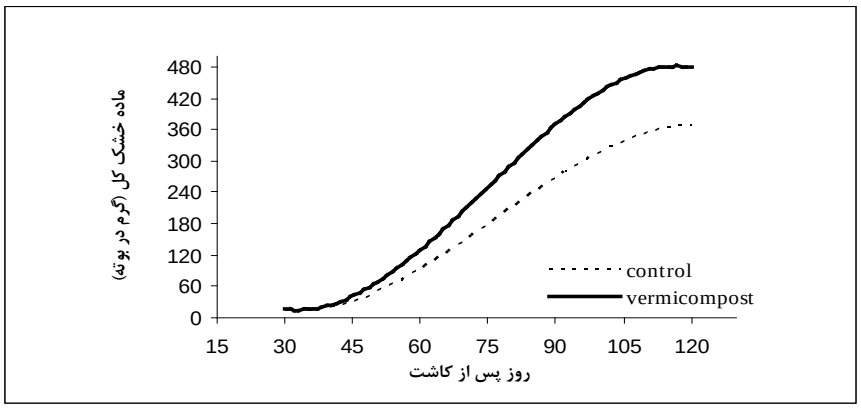
میزان تجمع ماده خشک اندام های هوایی گیاه ذرت در طول فصل رشد در پاسخ به کاربرد ورمی کمپوست در شکل ۳-۳۰ آمده است. همان طور که ملاحظه می شود روند تغییرات ماده خشک در پاسخ به کاربرد و عدم کاربرد ورمی کمپوست در مراحل مختلف رشد ذرت از الگوی یکسانی برای هر دو تیمار تبعیت کرد. حداکثر و حداقل میزان ماده خشک در ۱۲۰ روز پس از کاشت به ترتیب از کاربرد ورمی کمپوست (۴۸۲/۰۵ گرم در بوته) و شاهد (۳۶۹/۸۶ گرم در بوته) بدست آمد که مقدار محاسبه شده نسبت به شاهد معادل ۳۰/۳۳ درصد افزایش نشان داد (جدول ضمیمه۹).

تلقیح میکوریزا در ۳۰ روز پس از کاشت بر میزان TDM اثر معنی داری نداشت. میزان تجمع ماده خشک بوته در فاصله ۴۵-۱۰۵روز پس از کاشت تحت تاثیر کاربرد گونه های میکوریزا قرار گرفت، به نحوی که در فاصله ۷۵ تا ۱۰۵ روز پس از کاشت و همزمان با افزایش تصاعدی وزن بلال، میزان TDM بطور چشمگیری افزایش یافت (جدول ضمیمه۹). مقدار تجمع ماده خشک بوته در ۱۲۰ روز پس از کاشت به بالاترین میزان خود رسید و با کاربرد گونه های *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* وزن خشک کل بوته به ترتیب معادل ۲۱/۹۰ و ۱۷/۸۱ درصد در مقایسه با شاهد افزایش یافت (شکل۳-۳۱ و جدول ضمیمه۹). در ضمن با توجه به مراحل مختلف نمونه برداری می توان به این نتیجه رسید که در مرحله اولیه رشد گیاه، به دلیل آن که ریزجانداران برای ایجاد همزیستی با گیاه به کربن نیاز دارند، گیاه قسمتی از مواد فتوسنتزی خود را به تقویت همزیستی با این ریزجانداران اختصاص داده که این امر باعث کاهش وزن خشک گیاه می گردد. اما در مراحل بعدی رشد با استقرار میکوریزا نه تنها وزن خشک گیاه کاهش نمی یابد بلکه به دلیل افزایش توان گیاه در جذب آب و عناصر معدنی بویژه فسفر، وزن خشک گیاه افزایش می یابد.

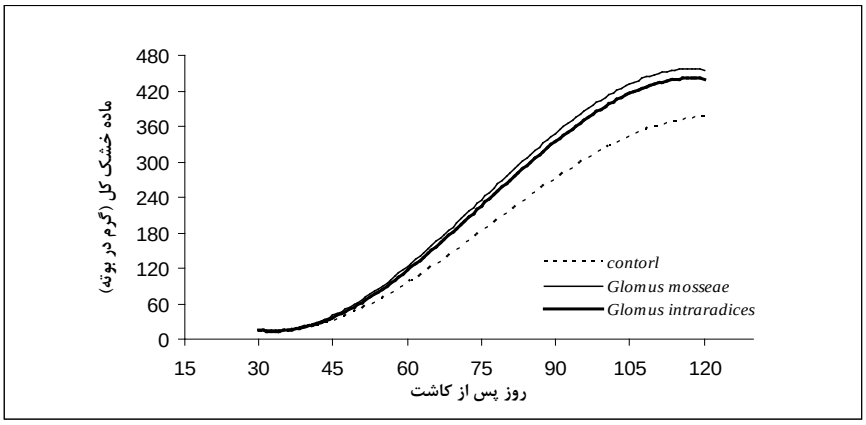
1-Total Dry Matter

در شکل ۳-۳۲ تاثیر تلقیح نیتروکسین بر مقدار تجمع ماده خشک بوته های ذرت مشخص شده است. میزان TDM در ۳۰ روز پس از کاشت بطور معنی داری تحت تاثیر کاربرد نیتروکسین قرار گرفت (جدول ضمیمه۹). در این زمان بیشترین میانگین ماده خشک براساس داده های حاصل از آزمایش از تلقیح توسط نیتروکسین (به میزان ۱۲/۳۴ گرم در بوته) و کمترین مقدار از شاهد (۹/۲۰ گرم در بوته) بدست آمد. در فاصله ۴۵ تا ۶۰ روز پس از کاشت کاربرد نیتروکسین باعث افزایش میزان تجمع ماده خشک بوته گردید که البته این مقدار از لحاظ آماری آماری معنی دار بود (جدول ضمیمه۹). با آغاز رشد زایشی در ۷۵ روز پس از کاشت، اختلاف بین تاثیر کاربرد تیمار نیتروکسین و شاهد بیشتر شد. در این زمان براساس داده های مشاهده در آزمایش بیشترین مقدار تجمع ماده خشک از تلقیح توسط نیتروکسین به میزان ۲۱۳/۳۶ گرم در بوته حاصل شد. روند افزایشی میزان وزن خشک بوته در فاصله ۹۰ تا ۱۲۰ روز با کاربرد نیتروکسین مشاهده شد به طوری که در ۱۲۰ روز پس از کاشت میانگین وزن خشک بوته به میزان ۱۳/۸۱ درصد در مقایسه با شاهد افزایش یافت (جدول ضمیمه۹).

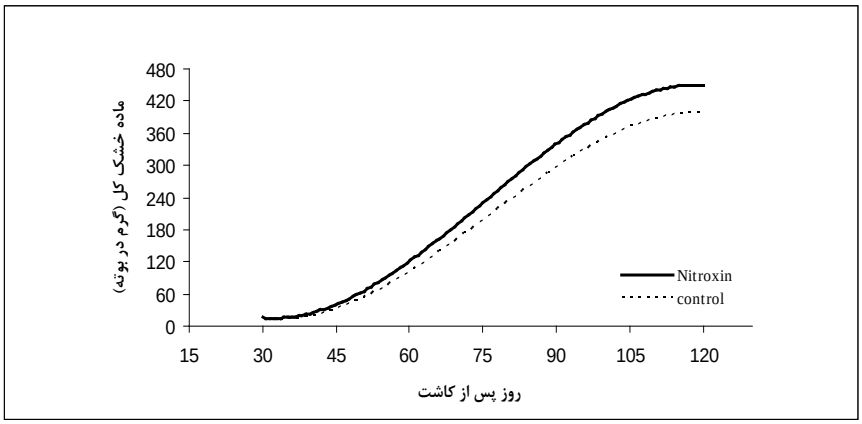
بررسی استانکوا و همکاران (۱۹۹۲) نشان داد که در اثر تلقیح ذرت با آزوسپیریلوم وزن خشک بوته افزایش یافت. بی و همکاران (۲۰۰۳) گزارش کردند که تلقیح شبدر قرمز با میکوریزا به دلیل افزایش جذب فسفر و روی، باعث افزایش بیوماس گیاه شد. بت و همکاران (۲۰۰۵) نیز بیان داشتند که تلقیح میکوریزا با ماش، باعث افزایش معنی دار عملکرد بیولوژیکی این گیاه شده است. آنان دلیل این موضوع را بهبود دسترسی و جذب بهتر عناصر غذایی ذکر کردند و بیان داشتند که این موضوع در نهایت باعث افزایش تجمع ماده خشک در ماش شده است. در همین راستا، کلیک و همکاران (۲۰۰۴) نیز نتیجه گرفتند که کاربرد قارچ همزیست میکوریزا باعث بهبود خصوصیات فیزیکی خاک و همچنین افزایش عملکرد گیاه شد.



شکل ۳-۳۰- تاثیر سطوح ورمی کمپوست بر روند تغییرات وزن خشک بوته در طول دوره رشد گیاه ذرت



شکل ۳-۳۱- تاثیر سطوح میکوریزا بر روند تغییرات وزن خشک بوته در طول دوره رشد گیاه ذرت



شکل ۳-۳۲- تاثیر سطوح نیتروکسین بر روند تغییرات وزن خشک بوته در طول دوره رشد گیاه ذرت

۳-۲-۲- سرعت رشد محصول (CGR)[1]:

در شکل ۳-۳۳ منحنی برازش شده تاثیر کاربرد ورمی کمپوست بر سرعت رشد محصول ارائه شده است. بررسی روند تغییرات CGR در طول دوره رشد ذرت حاکی از آن است که بیشترین سرعت رشد محصول در کل دوره نمونه برداری مربوط به شرایط مصرف ورمی کمپوست و حداکثر آن در ۹۰ روز پس از کاشت حدود ۶۷/۳۲ گرم در مترمربع در روز بدست آمد در حالی که در همین زمان حداکثر سرعت رشد محصول در شرایط عدم مصرف ورمی کمپوست حدود ۱۴/۴۶ گرم در مترمربع در روز کمتر بود (جدول ضمیمه۱۰).

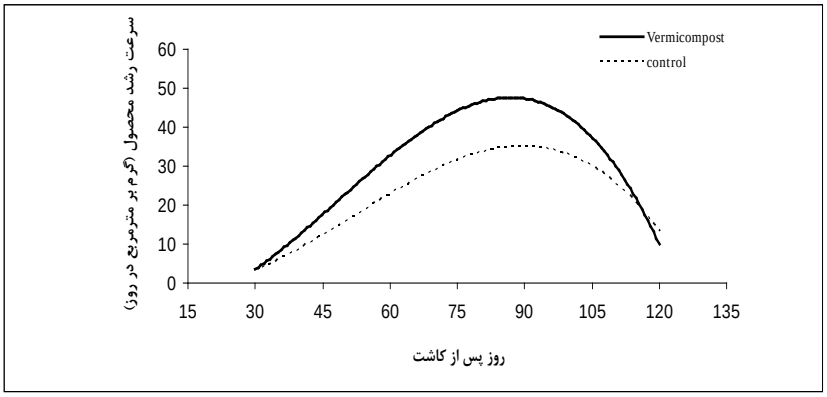
تغییرات سرعت رشد محصول در پاسخ به تلقیح میکوریزا در طول فصل رشد برای هر سه تیمار از روند تقریبا یکسانی پیروی کرد، بدین صورت که سرعت رشد محصول با گذشت زمان افزایش یافته و پس از رسیدن به مقدار حداکثر خود (در ۹۰ روز پس از کاشت) در انتهای فصل رشد به دلیل زرد شدن و ریزش برگها روند کاهشی پیدا کرد (شکل ۳-۳۴). بیشترین میزان CGR در ۹۰ روز پس از کاشت از تلقیح گونه *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* به ترتیب با میانگین ۶۸/۱۷ و ۶۵/۵۵ گرم بر مترمربع در روز و کمترین میزان آن از تیمار شاهد با میانگین ۴۶/۵۴ گرم بر مترمربع در روز بدست آمد که مقادیر محاسبه شده در حدود ۳۰ درصد نسبت به شاهد افزایش نشان داد (جدول ضمیمه۱۰).

سرعت رشد محصول در پاسخ به تلقیح نیتروکسین در شکل ۳-۳۵ نشان داده شده است. در فاصله زمانی۳۰ تا ۶۰ روز پس از کاشت میزان CGR تحت تاثیر کاربرد نیتروکسین قرار گرفت (جدول ضمیمه۱۰). در طول دوره رشد با نمو گیاه و توسعه سطح برگ سرعت رشد محصول افزایش یافت و پس از تشکیل بلال و به دلیل تولید اندامهای فتوسنتزی جدید سرعت رشد محصول در فاصله زمانی ۷۵ تا ۹۰ روز پس از کاشت به حداکثر مقدار خود رسید. در این زمان میزان CGR در تلقیح

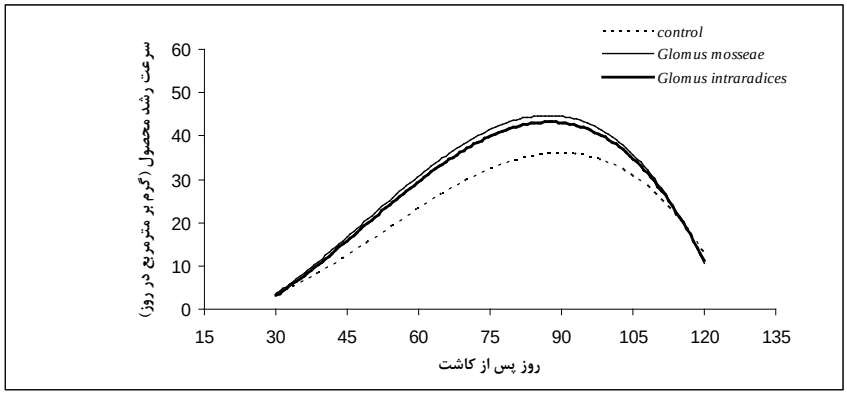
1- Crop Growth Rate

نیتروکسین با میانگین ۶۳/۰۶ گرم بر مترمربع در روز نسبت به شاهد با میانگین ۵۷/۱۲ گرم بر مترمربع بطور معنی داری بیشتر بود (جدول ضمیمه ۱۰). در این بررسی پس از رسیدن CGR به حد نهایی خود مقدار آن به تدریج کاهش یافته و شیب منحنی منفی شد (شکل۳-۳۵).

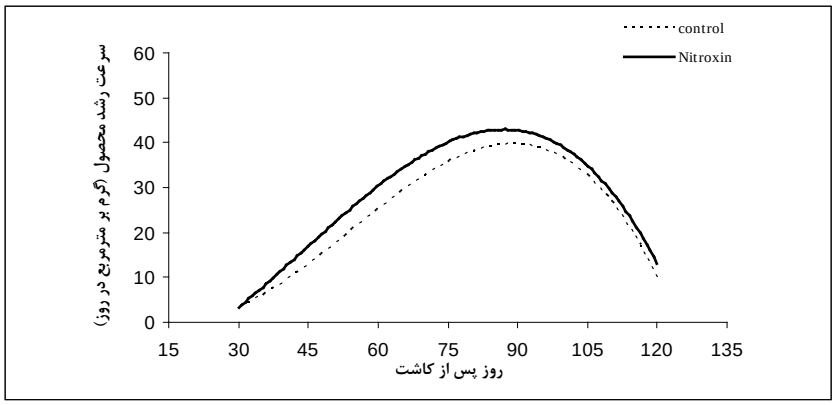
سرعت رشد محصول معیاری کمی بوده و بیانگر افزایش وزن یک اجتماع گیاهی در واحد سطح در واحد زمان می باشد. همچنین ارتباطی قوی با میزان دریافت تشعشع خورشید و دمای هوا دارد (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۶۹). افزایش سرعت رشد محصول در ابتدای فصل رشد به رشد و نمو سریع برگها و ساقه نسبت داده می شود، که این امر مستلزم تامین آب و عناصر غذایی کافی جهت رشد و توسعه گیاه خصوصا در مراحل بحرانی رشد می باشد (لطیفی و همکاران، ۱۳۸۲؛ ملکی، ۱۳۷۸). ناندا و همکاران (۱۹۹۵) اظهار داشتند که تلقیح بذرهای ذرت با کودهای بیولوژیک آزوسپیریلوم و ازتوباکتر باعث افزایش معنی دار عملکرد علوفه ای این گیاه گردید. در همین راستا، وو و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که تلقیح با میکوریزا باعث افزایش معنی دار CGR ذرت شد. آنان دلیل افزایش سرعت رشد گیاه را بهبود جذب مواد غذایی توسط گیاه دانستند. نتایج تحقیقات اخیر نشان داده است که استفاده از کودهای بیولوژیک همچنین باعث بهبود ساختار فیزیکی خاک و همچنین افزایش محتوای ماده آلی و نیتروژن قابل دسترس برای گیاه همزیست می شود (اردکانی و همکاران، ۱۳۷۹؛ بروساد و فریراسناتو، ۱۹۹۷؛ هانگریا و همکاران، ۱۹۹۷).



شکل ۳-۳۳- تاثیر سطوح ورمی کمپوست بر روند تغییرات سرعت رشد محصول در طول دوره رشد گیاه ذرت



شکل ۳-۳۴- تاثیر سطوح میکوریزا بر روند تغییرات سرعت رشد محصول در طول دوره رشد گیاه ذرت



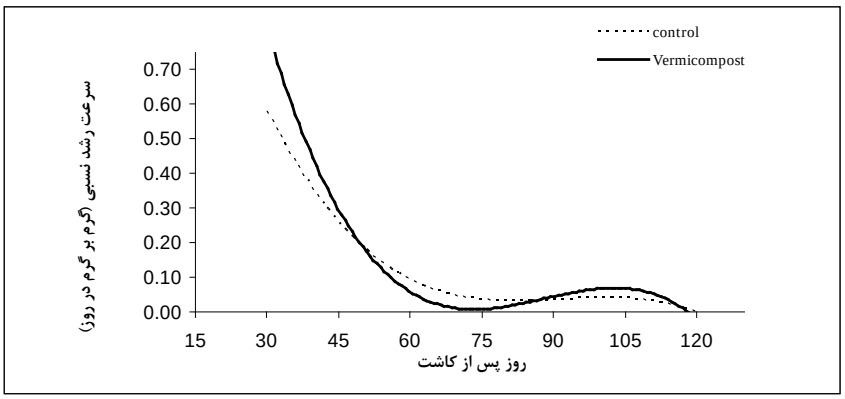
شکل ۳-۳۵- تاثیر سطوح نیتروکسین بر روند تغییرات سرعت رشد محصول در طول دوره رشد گیاه ذرت

۳-۲-۳- سرعت رشد نسبی (RGR)[1]:

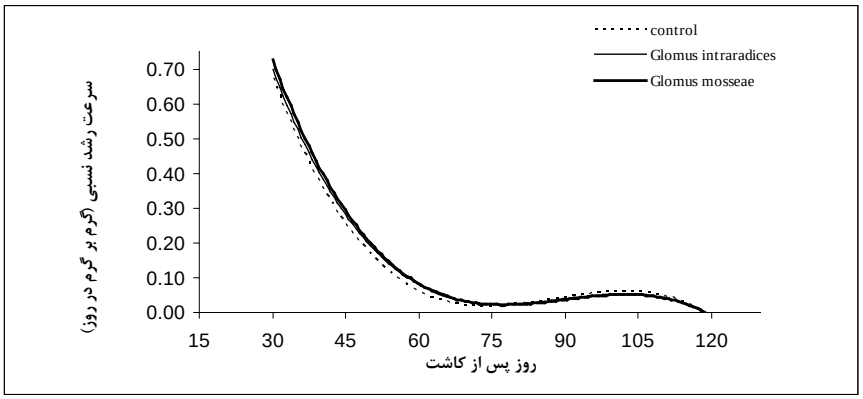
سرعت رشد نسبی، بیان کننده وزن خشک اضافه شده نسبت به وزن اولیه در یک فاصله زمانی مشخص است (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۸۲). روند تغییرات سرعت رشد نسبی بین کاربرد و عدم کاربرد ورمی کمپوست، تلقیح گونه های مختلف میکوریزا و سطوح نیتروکسین به ترتیب در اشکال ۳-۳۶، ۳-۳۷ و ۳-۳۸ مقایسه شده است. میزان سرعت رشد نسبی پس از جوانه زنی معمولا به کندی آغاز شده و متعاقب آن به سرعت افزایش می یابد. به این ترتیب در اولین نمونه برداری (۳۰ روز پس از کاشت) مقدار RGR در بالاترین حد خود قرار داشت. با گذشت زمان و رشد گیاه و به علت افزایش سایه اندازی مقدار سرعت رشد نسبی کاهش پیدا نمود. مقادیر سرعت رشد نسبی کاربرد ورمی کمپوست در دوره رشد گیاه ذرت در جدول ضمیمه ۱۱بیانگر آن است که اگرچه مصرف ورمی کمپوست در اوایل دوره رشد باعث افزایش میزان RGR نسبت به شاهد گردید اما از اواسط فصل رشد به بعد اختلاف محسوسی بین این دو تیمار مشاهده نشد. تغییرات سرعت رشد نسبی در پاسخ به تلقیح با گونه های میکوریزا و نیتروکسین (جدول ضمیمه ۱۱) نیز نشان داد که مقدار RGR در اوایل دوره رشد بیشترین مقدار بوده و در طول دوره رشد کاهش یافت.

دیویدسون و کمپل (۱۹۸۴) گزارش کردند که میزان سرعت رشد نسبی که یکی از شاخصهای مهم در توجیه عملکرد است در گندم در اوایل فصل رشد بالا بوده و با گذشت زمان کاهش می یابد، به طوری که در مرحله خمیری مقدار آن منفی می شود. شاخص سرعت رشد نسبی تابع سطح کل فتوسنتز کننده و تنفس کننده گیاه است و به همین دلیل نیز با افزایش سن گیاه و افزایش مقدار تنفس در اواخر فصل رشد (از ۷۵ روز پس از کاشت تا زمان رسیدگی فیزیولوژیک) ثابت می گردد. چنین تغییری در سرعت رشد نسبی در مورد سویا و گندم نیز گزارش شده است (کریمی، ۱۹۷۹).

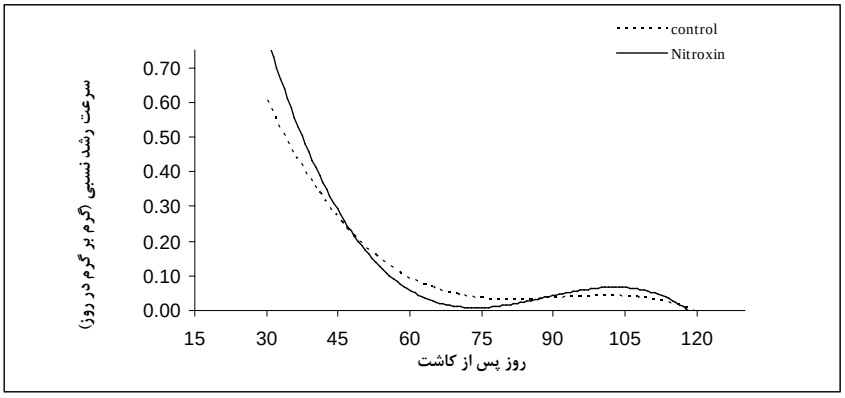
1- Relative Growth Rate



شکل ۳-۳۶- تاثیر سطوح ورمی کمپوست بر روند تغییرات سرعت رشد نسبی در طول دوره رشد گیاه ذرت



شکل ۳-۳۷- تاثیر سطوح میکوریزا بر روند تغییرات سرعت رشد نسبی در طول دوره رشد گیاه ذرت



شکل ۳-۳۸- تاثیر سطوح نیتروکسین بر روند تغییرات سرعت رشد نسبی در طول دوره رشد گیاه ذرت

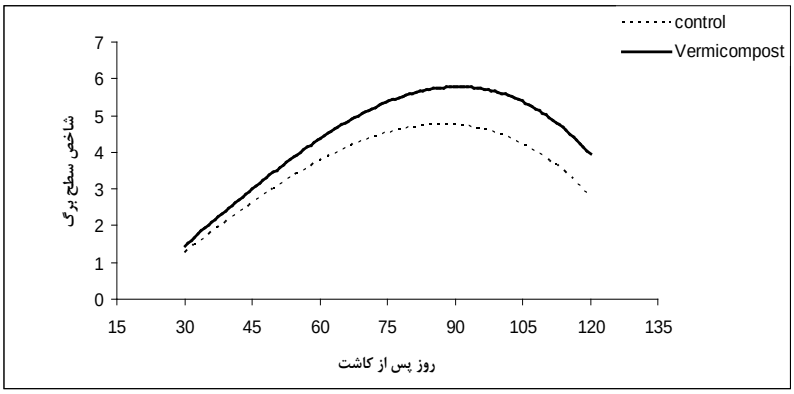
۳-۲-۴- شاخص سطح برگ (LAI)

تغییرات شاخص سطح برگ گیاه ذرت در طول فصل رشد در پاسخ به کاربرد ورمی کمپوست در شکل ۳-۳۹ آمده است. همانگونه که ملاحظه می شود روند تغییرات شاخص سطح برگ در پاسخ به کاربرد و عدم کاربرد ورمی کمپوست در مراحل مختلف رشد ذرت از الگوی یکسانی برای هر دو تیمار تبعیت کرد. حداکثر و حداقل میزان شاخص سطح برگ در ۹۰ روز پس از کاشت به ترتیب از کاربرد ورمی کمپوست (۶/۲۵) و شاهد (۵/۲۴) بدست آمد که مقدار محاسبه شده نسبت به شاهد به میزان ۱۹/۲۷درصد برتر بود (جدول ضمیمه۱۲).

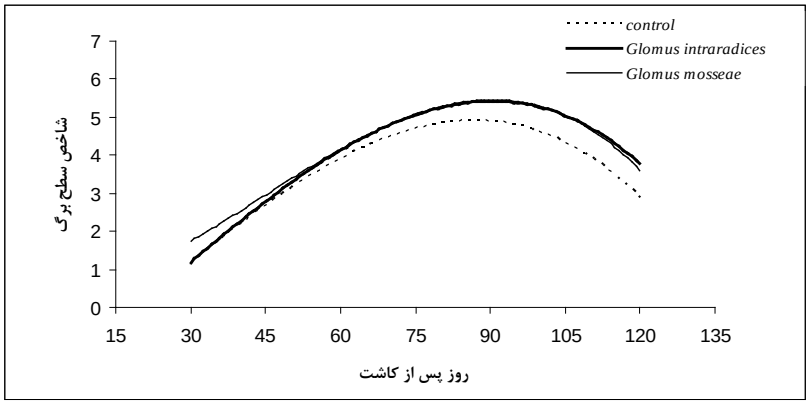
تغییرات شاخص سطح برگ در پاسخ به تلقیح میکوریزا در طول فصل رشد (شکل ۳-۴۰) برای تمامی تیمارها روند مشابهی داشته و زمان رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ در تمامی تیمارها همزمان بود. به طوری که در ابتدای فصل رشد میزان شاخص سطح برگ با شیب کم و بعد از آن با نزدیک شدن به مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی با شتاب زیاد تا حداکثر ۹۰ روز پس از کاشت افزایش یافته و سپس در انتهای فصل رشد به دلیل زرد شدن و همچنین ریزش برگ ها روندی نزولی مشاهده شد. بیشترین میزان (LAI) در ۹۰ روز پس از کاشت از تلقیح دو گونه *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* (به ترتیب با مقادیر ۶/۰۲ و ۵/۹۴) و کمترین میزان از شاهد (به مقدار ۵/۲۷) بدست آمد (جدول ضمیمه۱۲).

در شکل ۳-۴۱ تاثیر تلقیح نیتروکسین بر تغییرات شاخص سطح برگ در طول دوره رشد مشخص شده است. بیشترین سطح برگ در تمام دوره رشد گیاه مربوط به تلقیح نیتروکسین بود که تا حدود ۹۰ روز پس از کاشت حالت افزایشی داشت و سپس روند کاهش در پیش گرفت (جدول ضمیمه۱۲).

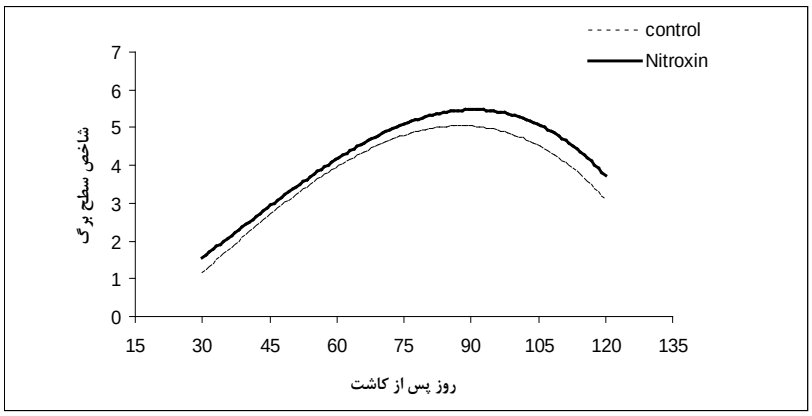
بالا بودن شاخص سطح برگ سبب افزایش میانگین سرعت رشد محصول در دوره رشد گیاه شده که این امر در نهایت منجر به افزایش تولید ماده خشک می گردد(کریمی، ۱۹۹۱). کاپولنیک و همکاران (۱۹۸۲) اظهار داشتند که تلقیح بذرهای ذرت با باکتری آزوسپیریلوم باعث افزایش تعداد برگ های این گیاه و در نهایت افزایش عملکرد این گیاه در مقایسه با شاهد شده است. همچنین بررسی حمیدی و همکاران (۱۳۸۵) نشان داد که در اثر تلقیح بذر ذرت علوفه ای با آزوسپیریلوم، تعداد برگ های بالایی بلال و تعداد برگ در هر بوته افزایش یافته است. آن ها نیز دلیل این امر را وجود روابط مثبت بین گیاه و باکتری دانسته و اعلام داشتند که این موضوع در نهایت منجر به افزایش عملکرد علوفه سیلویی شده است . آن ها همچنین اظهار داشتند که احتمالا باکتری آزوسپیریلوم از طریق تولید هورمون های محرک رشد، عملکرد و ویژگی های مرتبط با آن را در ذرت علوفه ای تحت تاثیر قرار داده است.



شکل۳-۳۹- تاثیر سطوح ورمی کمپوست بر روند تغییرات شاخص سطح برگ در طول دوره رشد گیاه ذرت



شکل۳-۴۰- تاثیر سطوح میکوریزا بر روند تغییرات شاخص سطح برگ در طول دوره رشد گیاه ذرت



شکل۳-۴۱- تاثیر سطوح نیتروکسین بر روند تغییرات شاخص سطح برگ در طول دوره رشد گیاه ذرت

۳-۳- نتیجه گیری:

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

۱- تیمار ورمی کمپوست بر میزان وزن خشک برگ، ساقه ، بلال و کل بوته گیاه ذرت کاملاً تاثیر گذار بود.

۲- تیمار ورمی کمپوست بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد آن موثر بود.

۳- کاربرد ورمی کمپوست بر میزان ارتفاع بوته و سطح برگ آن تاثیر بسزایی داشت.

۴- اثر تیمار ورمی کمپوست بر شاخص های رشد ذرت کاملاً مشهود بود.

۵- درصد کلونیزاسیون میکوریزایی ریشه با کاربرد ورمی کمپوست افزایش یافت.

۶- تلقیح میکوریزا وزن خشک برگ، ساقه، بلال و کل بوته را افزایش داد.

۷- تلقیح میکوریزا موجب افزایش وزن خشک دانه، ارتفاع بوته، سطح برگ و درصد کلونیزاسیون ریشه گردید.

۸- تفاوتی بین تاثیر تلقیح هر دو گونه میکوریزا در صفات ذکر شده مشاهده نگردید.

۹- تاثیر تیمار نیتروکسین نیز در مورد تمام خصوصیات ذکر شده در مقایسه با شاهد به طور مشهودی بیشتر بود.

۱۰- کاربرد همزمان ورمی کمپوست و میکوریزا باعث افزایش وزن خشک برگ، ساقه و کل بوته گردید.

۱۱- وزن خشک بلال و دانه با کاربرد همزمان ورمی کمپوست و میکوریزا افزایش یافت.

۱۲- بالاترین درصد کلونیزاسیون ریشه با کاربرد توأم ورمی کمپوست و میکوریزا حاصل شد.

۱۳- کاربرد همزمان ورمی کمپوست و نیتروکسین افزایش وزن خشک اندام های هوایی و در نهایت افزایش عملکرد را به همراه داشت.

۱۵- وزن خشک اندام های هوایی در طول دوره رشد با تلقیح همزمان میکوریزا و نیتروکسین افزایش یافت هر چند این مقدار از لحاظ آماری معنی دار نبود.

۱۴- تلقیح همزمان میکوریزا و نیتروکسین باعث افزایش میزان کلونیزاسیون ریشه گیاه ذرت گردید.

۳-۴- پیشنهادات:

۱- تاثیر ورمی کمپوست بر خصوصیات فیزیومورفولوژیکی سایر گیاهان در شرایط مزرعه ای مورد بررسی قرار گیرد.

۲- تاثیر انواع دیگر ورمی کمپوست بر خصوصیات گیاه ذرت مورد بررسی قرار گیرد.

۳- از آنجا که ورمی کمپوست باعث نگهداری و ذخیره آب شده، همچنین از آبشویی عناصر غذایی جلوگیری می کند پیشنهاد می شود که تاثیر آن بر راندمان مصرف آب بررسی شود.

۴- تاثیر سایر مقادیر ورمی کمپوست بر خصوصیات گیاه ذرت مورد بررسی قرار گیرد.

۵- تاثیر انواع مختلف کود بیولوژیک بر محتوی عناصر غذایی در اندام های مختلف گیاهی مورد آزمون قرار گیرد.

۶- تاثیر انواع کودهای بیولوژیک بر خصوصیات شیمیایی و تنوع میکروبی خاک، همچنین بر خصوصیاتی نظیر درصد جوانه زنی، سرعت جوانه زنی و غیره مورد بررسی قرار گیرد.

۷- واکنش گیاه به انواع و مقادیر مختلف کودهای بیولوژیک در شرایط تنش های زیستی و غیرزیستی مطالعه گردد.

فصل چهارم

ضمائم

جدول ضمیمه۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایشی

عمق (سانتیمتر)	هدایت الکتریکی $EC\times10^3$ (ds/m)	اسدیته pH	درصد ازت %N	کربن آلی %OC	فسفر قابل جذب P(ava.)	پتاسیم قابل جذب K(ava.)	آهن قابل جذب Fe(ava.)	منگنز قابل جذب Mn(ava.)	روی قابل جذب Zn(ava.)	مس قابل جذب Cu(ava.)	درصد رس %clay	درصد سیلت %silt	درصد شن %sand
۰-۳۰	۳/۹۰	۷/۸۸	۰/۰۴	۰/۷۵	۶/۴	۲۳۰	۲/۷۲	۶/۴۴	۰/۵۴	۰/۷۸	۳۶	۴۸	۱۶

شکل ضمیمه۱- نقشه کشت مزرعه آزمایشی

تکرار ۱	A2B2C1	A2B3C1	A2B1C2	A2B3C2	A2B2C2	A2B1C1	A1B3C1	A1B2C2	A1B1C1	A1B1C2	A1B3C2	A1B2C1
تکرار ۲	A1B1C1	A1B2C2	A1B2C1	A1B3C1	A1B1C2	A1B3C2	A2B2C1	A2B3C1	A2B3C2	A2B2C2	A2B1C2	A2B1C1
تکرار ۳	A2B2C2	A2B2C1	A2B3C1	A2B1C1	A2B3C2	A2B1C2	A1B1C1	A1B3C2	A1B2C2	A1B3C1	A1B2C1	A1B1C2

A_1: شاهد، A_2: ورمی کمپوست

B_1: شاهد، B_2: *Glomus mosseae*، B_3: *Glomus intraradices*

C_1: شاهد، C_2: نیتروکسین

جدول ضمیمه ۲- تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده تحت تاثیر عوامل آزمایش در نمونه برداری اول

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	وزن خشک کل بوته
بلوک(R)	۲	۸/۳۹۳ ns	۵/۳۲ ns	۲۶/۶۹۹ ns
ورمی کمپوست(A)	۱	۴۸/۴۸۸ ns	۲۵/۶۰۴ ns	۱۴۴/۵۶۱ ns
خطا(E)	۲	۱۴/۳۶۳	۱۵/۴۱۱	۵۹/۴۸۵
میکوریزا(B)	۲	۰/۱۱۸ ns	۰/۴۸۷ ns	۰/۹۵ ns
A*B	۲	۷/۱۰۱ ns	۵/۱۳۳ ns	۲۴/۳۰۵ ns
نیتروکسین(C)	۱	۲۸/۰۹ **	۱۷/۰۰۲ **	۸۸/۷۹۹ **
A*C	۱	۷/۹۳۴ ns	۴/۷۲۳ ns	۲۴/۹ ns
B*C	۲	۰/۸۸۸ ns	۱/۶۲۳ ns	۴/۸۹۵ ns
A*B*C	۲	۰/۰۳۳ ns	۰/۰۹۵ ns	۰/۲۱۲ ns
خطا(E)	۲۰	۲/۷۱۵	۱/۵۸	۷/۶۴۸

**، * و ns به ترتیب معنی دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و غیر معنی دار

جدول ضمیمه ۳- تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده تحت تاثیر عوامل آزمایش در نمونه برداری دوم

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	وزن خشک کل بوته
بلوک(R)	۲	۴۱/۱۳۵ ns	۲/۴۰۸ ns	۶۵/۹۲ ns
ورمی کمپوست(A)	۱	۲۹۸/۱۳۸ ns	۲۰۳/۵۸۵ ns	۱۰۰۴/۹۹۶ ns
خطا(E)	۲	۴۶/۳۲۲	۹۶/۵۷۱	۲۵۹/۳۲۶
میکوریزا(B)	۲	۷۴/۷۷۸ *	۳۳۶/۵۸۹ **	۷۰۸/۸۱۷**
A*B	۲	۱۴/۳۶۷ ns	۴۸/۹۵۲ ns	۹۴/۳۴۵ ns
نیتروکسین(C)	۱	۸۲/۸۷۱ *	۱۲۸/۴۸۲ *	۴۲۴/۵۶۶ **
A*C	۱	۲/۶۹ ns	۱۴/۰۲۵ ns	۳/۷۵۷ ns
B*C	۲	۱۰/۶۱۷ ns	۷/۳۴۴ ns	۱۶/۳۵۵ ns
A*B*C	۲	۳/۸۶۶ ns	۰/۹۶۵ ns	۰/۶۹۸ ns
خطا(E)	۲۰	۱۵/۷۹۲	۲۹/۱۳۴	۵۰/۶۰۳

**، * و ns به ترتیب معنی دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و غیر معنی دار

جدول ضمیمه ۴- تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده تحت تاثیر عوامل آزمایش در نمونه برداری سوم

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات		
		وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	وزن خشک کل بوته
بلوک(R)	۲	۱/۶۸۴ ns	۲۳۰/۵۱۵ ns	۲۱۲/۸۰۴ ns
ورمی کمپوست(A)	۱	۶۱۲/۵۶۲ *	۶۷۹۳/۶۰۶ *	۱۱۴۸۶/۱۲*
خطا(E)	۲	۱۳/۹۸۷	۲۴۲/۷۱۶	۱۴۱/۷۸۴
میکوریزا(B)	۲	۱۶۶/۶۲۹ **	۱۲۶۹/۱۳۸ **	۲۲۷۲/۶۸۱ **
A*B	۲	۳۴/۸۶۷ ns	۲۰۹/۲۷۹ ns	۴۰۶/۸۱۲ns
نیتروکسین(C)	۱	۴۶۲/۳۹۳ **	۹۲۴/۷۶۸ *	۲۶۹۴/۹۹۴ **
A*C	۱	۹۳/۱۸۷ ns	۴۴۱ ns	۱۱۷/۷۹۵ ns
B*C	۲	۲۵/۹۵۱ ns	۲۲/۷۱۹ ns	۹۴/۲۶۸ ns
A*B*C	۲	۳۴/۸۸۶ ns	۱۵۸/۴۴۹ ns	۳۴۰/۸۶۷ ns
خطا(E)	۲۰	۲۴/۰۸۱	۱۳۸/۷۱۱	۱۹۷/۲۷۷

**، * و ns به ترتیب معنی دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و غیر معنی دار

جدول ضمیمه ۵- تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده تحت تاثیر عوامل آزمایش در نمونه برداری چهارم

		میانگین مربعات				
منبع تغییرات	درجه آزادی	وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	وزن خشک تاج گل	وزن خشک بلال	وزن خشک کل بوته
بلوک(R)	۲	۱۲۱/۱۵۴ ns	۳۸۱۸/۰۰۴ ns	۰/۶۲۱ ns	۵۴۵/۲۵۲ ns	۲۴۵۴/۸۸۵ ns
ورمی کمپوست(A)	۱	۲۵۲۳/۲۲ *	۱۶۷۵۳/۴۲ *	۱/۴۱۲ ns	۱۱۸۸/۲۹۶ *	۴۶۳۶۵/۵۸ *
خطا(E)	۲	۱۲۲/۶۶۹	۶۹۹/۶۷۳	۰/۹۲۹	۲۱/۱۹۶	۱۷۶۴/۳۲۵
میکوریزا(B)	۲	۳۹۰/۵۳ **	۱۱۴۸/۳۳۹*	۰/۵۹۷ ns	۴۹۶/۹۴۴ **	۵۸۲۱/۳۱۱ **
A*B	۲	۱۶۶/۶۳۹ ns	۴۰۵/۳۱ ns	۰/۵۶۹ ns	۳۹/۷۱۴ ns	۱۵۱۴/۱۹۶*
نیتروکسین(C)	۱	۶۶۶/۰۷ **	۳۴۶۶/۲۶۵ **	۷/۲۶۳ **	۳۴۳/۰۵۲**	۱۱۲۱۴/۸۱**
A*C	۱	۰/۷۳۷ ns	۷۲۴/۴۱۷ ns	۰/۰۷۷ ns	۱۳/۷۵۲ ns	۵۶۵/۸۰۶ ns
B*C	۲	۲/۴۰ ns	۱۱۰/۴۰۳ ns	۰/۱۶۴ ns	۵/۵۹۷ ns	۶۸/۹۴۵ ns
A*B*C	۲	۴/۰۷۱ ns	۷۲۶/۱۲۲ ns	۰/۴۴۲ ns	۱۳/۶۵۵ns	۱۰۹۲/۳۳۲ ns
خطا(E)	۲۰	۶۱/۳۴۷	۲۹۶/۴۶۳	۰/۲۹۴	۳۸/۶۴۵	۳۴۹/۸۱۶

**، * و ns به ترتیب معنی دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و غیر معنی دار

جدول ضمیمه۶- تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده تحت تاثیر عوامل آزمایش در نمونه برداری پنجم

		میانگین مربعات				
منبع تغییرات	درجه آزادی	وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	وزن خشک تاج گل	وزن خشک بلال	وزن خشک کل بوته
بلوک(R)	۲	۴۸/۹۹۲ ns	۱۴۵/۷۲۲ns	۰/۳۹۸ ns	۸۵/۹۰۲ ns	۲۳۳/۹۵۸ ns
ورمی کمپوست(A)	۱	۲۱۳۹/۸۳۴ *	۱۴۶۷۲/۴۸ *	۰/۰۸۶ns	۲۴۶۱۱/۸۶ *	۱۰۵۳۴۱/۴ *
خطا(E)	۲	۱۰۴/۴۷۵	۵۲۱/۰۹۶	۱/۱۲۵	۲۵۸/۸۶۶	۱۶۵۱/۸۲۳
میکوریزا(B)	۲	۷۵۰/۰۶۹ **	۳۵۳۳/۷۸۶**	۰/۰۱۱ ns	۸۲۶۰/۴۹**	۳۱۵۱۱/۰۹**
A*B	۲	۲۲۶/۷۶۲*	۱۱۷۷/۰۹۶**	۰/۰۸۱ns	۲۷۰۸/۰۶۱**	۱۰۱۸۰/۲۹**
نیتروکسین(C)	۱	۱۲۸۰/۸۰۵**	۲۳۱۹/۷۰۶**	۰/۰۰۱ns	۴۵۲۲/۳۳۹**	۲۲۸۷۲/۵۳**
A*C	۱	۱۱/۲۱۱ ns	۲۰۱/۷۳۵ ns	۰/۱۵۲ns	۱۰۶/۸۸۱ ns	۷۹۹/۷۵۸ns
B*C	۲	۱۹/۴۴۱ ns	۱۶/۷۰۵ns	۰/۲۴۸ns	۱۷۹/۴۷۸ ns	۷۳/۶۸ ns
A*B*C	۲	۱۴/۲۸۶ ns	۹/۴۵ns	۰/۰۱۸ns	۲۶۰/۶۵۷ ns	۳۴۲/۶۲۲ ns
خطا(E)	۲۰	۴۰/۰۷	۱۸۰/۹۷۱	۰/۳۳۸	۲۰۸/۴۱	۵۸۱/۴۶۹

**، * و ns به ترتیب معنی دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و غیر معنی دار

جدول ضمیمه ۷- تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده تحت تاثیر عوامل آزمایش در نمونه برداری ششم

		میانگین مربعات				
منبع تغییرات	درجه آزادی	وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	وزن خشک تاج گل	وزن خشک بلال	وزن خشک کل بوته
بلوک(R)	۲	۲۸۹/۴۸۹ ns	۵۲۸۸/۹۴۴ ns	۴/۱۹۶ ns	۳۲۶۱/۰۷ ns	۲۲۱۵۴/۳۷ ns
ورمی کمپوست(A)	۱	۳۷۳۶/۰۶۲ *	۱۸۲۵۸/۷۶ *	۰/۰۳۲ ns	۲۲۹۰۹/۸۵ *	۱۲۰۹۵۶/۷ *
خطا(E)	۲	۹۱/۵۲۳	۴۸۲/۹۷۹	۱/۳۳۲	۴۶۶/۹۱۴	۲۸۶۸/۰۱۵
میکوریزا(B)	۲	۶۱۱/۴۶۲ **	۳۳۶۲/۵۰۴ **	۰/۶۵ *	۳۷۹۷/۶۰۱ **	۲۰۸۶۰/۳۵ **
A*B	۲	۱۹۰/۲۱۹ *	۸۴۴/۲۸۹ *	۰/۲۳۸ ns	۱۱۷۸/۵۷۶ **	۵۷۸۲/۸۷ **
نیتروکسین(C)	۱	۲۴۴/۲۹۷ *	۲۵۵۱/۴۲۸ **	۰/۲۳ ns	۳۴۱۶/۰۱۲ **	۱۵۶۴۲/۰۹ **
A*C	۱	۲۸۲/۸ *	۷۴۷/۹۳۱ *	۰/۱۱۸ ns	۹۲۲/۳۳۷ *	۵۶۰۶/۷۶۵ **
B*C	۲	۱۴/۷۳۴	۳۷/۰۲۵ ns	۰/۲۱۶ ns	۱۷۲/۳۸۴ ns	۲۰/۱۶۱ ns
A*B*C	۲	۶/۶	۲۳/۰۲۷ ns	۰/۰۶ ns	۲۲۳/۰۰۸ ns	۳۸۹/۹۱۴ ns
خطا(E)	۲۰	۴۳/۸۷۱	۱۵۶/۹۰۹	۰/۱۷۵	۱۶۲/۰۷۵	۵۸۳/۵۶۶

**، * و ns به ترتیب معنی دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و غیر معنی دار

جدول ضمیمه ۸- تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده تحت تاثیر عوامل آزمایش در نمونه برداری هفتم

		میانگین مربعات								
منبع تغییرات	درجه آزادی	سطح برگ	ارتفاع ساقه	وزن خشک ساقه	وزن خشک برگ	وزن خشک تاج گل	وزن خشک پوست بلال	وزن خشک چوب بلال	وزن ۱۰۰ دانه	وزن خشک کل بوته
بلوک(R)	۲	۱۲۵۶۴/۵۸ ns	۱۱/۱۹۴ ns	۳۱۰/۰۸۶ ns	۱۶/۶۳۳ ns	۰/۱۱۷ ns	۷/۴۲۶ ns	۴۱/۸۵۸ ns	۴۶/۷۶۸ ns	۸۹۳/۱۱ ns
ورمی کمپوست(A)	۱	۲۲۵۴۷۹۷۰ *	۵۳۰۴/۶۹۴*	۹۸۳۴/۰۲۸*	۱۶۷۸/۸۱۴ *	۰/۵۷۵ ns	۹۲۰/۹۲ *	۹۵/۷۱۴ *	۲۴۲/۴۷۷*	۱۱۳۲۶۹/۳ *
خطا(E)	۲	۱۱۷۹۶۴۱	۱۰۵/۸۶۱	۲۴۳/۲۲۷	۳۰/۲۰۱	۰/۰۵۷	۲۷/۶۴۵	۲/۴۶۶	۳/۰۰۹	۱۵۱۲/۴۶۷
میکوریزا(B)	۲	۶۶۷۰۵۶۱ **	۱۳۱۲/۶۹۴**	۲۶۵۶/۲۹۹**	۵۸۴/۵۴۴**	۰/۰۱۹ ns	۱۵/۷۴۲ ns	۹۶/۹۶۳ *	۶۵/۰۸۴ **	۲۳۰۲۶/۱۸**
A*B	۲	۱۷۴۵۱۰/۳ ns	۱۵۵/۰۲۸ ns	۱۱۶۳/۰۰۶ **	۱۶۴/۱۱۲ **	۰/۰۱۶ ns	۱۳/۶۹۹ ns	۳۰/۸۳۸ ns	۱۱/۰۴۱ *	۷۷۶۰/۲۸۹**
نیتروکسین(C)	۱	۱۱۵۸۸۳۵۱ **	۱۴۰۶/۲۵**	۲۴۷۵/۷۲۶**	۷۵۹/۷۳۷**	۰/۲۸۳ ns	۴۹۸/۰۳۴ **	۱۴۹/۹۸۱ *	۵۷/۹۸۸ **	۲۷۲۳۴/۳۵**
A*C	۱	۲۵۹۹۳۰ ns	۰/۰۲۸ ns	۱۰۷۴/۹۶۶**	۱۶۸/۵۶۷**	۰/۴۶۵*	۱۹۳/۲۱ **	۴۸/۱۶۴ns	۱۸/۵۳۳ *	۲۴۷۵/۹۰۷ *
B*C	۲	۳۴۹۸۳۴/۷ ns	۲۳/۰۸۳ ns	۶۱/۶۵۲ ns	۱۱/۱۷ ns	۰/۰۹۲ ns	۰/۹۶ ns	۵/۴۲۵ ns	۱/۷۱۴ ns	۲۶۱/۲۲۸ ns
A*B*C	۲	۵۳۵۷۸۷/۵ ns	۱۰۳/۸۶۱*	۵۳/۷۳ ns	۹/۳۸۳ ns	۰/۰۲۹ ns	۲/۷۴۵ ns	۶/۴۳ ns	۷/۲۶۵ ns	۴۱۰/۵۱ ns
خطا(E)	۲۰	۳۴۷۳۰۵/۳	۸۰/۹۲۸	۱۰۸/۹۷۸	۱۶/۹۸۷	۰/۰۷۹	۲۱/۱۷۹	۲۷/۵۶۷	۳/۰۶۶	۳۵۹/۷۲۴

**، * و ns به ترتیب معنی دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و غیر معنی دار

ادامه جدول ضمیمه ۸- تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده تحت تاثیر عوامل آزمایش در نمونه برداری هفتم

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		طول بلال	وزن خشک دانه	وزن خشک بلال	تعداد دانه در بوته	تعداد ردیف دانه در بلال	تعداد دانه در هر ردیف بلال	درصد کلونیزاسیون ریشه
بلوک(R)	۲	۵/۴۴۴ ns	۱۰۷/۰۱۲ ns	۱۳۶/۸۸۸ ns	۳۱۱۴۸/۴۴۴ ns	۱۷/۶۹۴ ns	۱/۷۷۸ ns	۲۲/۳۳۳ ns
ورمی کمپوست(A)	۱	۱۰/۰۲۸ ns	۲۴۱۸۸/۵۴ *	۳۸۲۸۱/۵۳ *	۱۸۸۰۶۶/۷۷۸ *	۲/ ۷۷۸ ns	۷۳۸/۰۲۸ *	۴۳۳۴/۰۲۸*
خطا(E)	۲	۲۷/۴۴۴	۴۶۹/۳۳۳	۴۱۳/۱۹۹	۷۷۵۴/۱۱۱	۶/۰۲۸	۳۵/۱۱۱	۵۴/۱۱۱
میکوریزا(B)	۲	۱۰/۰۲۸ ns	۳۸۹۹/۲۶۴**	۵۷۹۹/۹۱۲**	۵۱۳۷۴/۷۷۸ **	۰/ ۸۶۱ ns	۲۱۳/۱۹۴**	۱۴۱۶۲/۳۳**
A*B	۲	۵/۵۲۸ ns	۱۱۲۲/۹۳۳ **	۱۸۲۷/۷۰۸ **	۱۱۹۴۶/۷۷۸ ns	۰/۳۶۱ ns	۴۷/۸۶۱ ns	۳۲۳/۱۱۱ **
نیتروکسین(C)	۱	۴۲/۲۵۰*	۲۷۸۶/۱۶۲ **	۷۵۹۹/۷۷۲ **	۱۵۰۲۸۵/۴۴۴**	۲۱/۷۷۸**	۱۲۴/۶۹۴ **	۱۶۶۷/۳۶۱**
A*C	۱	۰/۶۹۴ ns	۱۳۱۰/۸۶۲ **	۸۵۵/۱۷۳ *	۳۹۲۷/۱۱۱ ns	۰/۴۴۴ ns	۰/۶۹۴ ns	۶۱/۳۶۱ ns
B*C	۲	۷/۷۵۰ ns	۱۵۲/۳۰۵ ns	۱۸۵/۴۰۳ns	۱۴۱۸۴/۷۷۸ ns	۰/۱۹۴ ns	۴۱/۱۹۴ ns	۱۹۴/۷۷۸ **
A*B*C	۲	۱/۰۲۸ ns	۲۴۸/۴۲۳ ns	۳۸۶/۴۷ ns	۸۳۲/۴۴۴ ns	۰/۳۶۱ ns	۵/۸۶۱ ns	۲۱/۴۴۴ ns
خطا(E)	۲۰	۵/۷۴۴	۱۴۰/۱۶۲	۱۷۵/۹۹۳	۷۳۵۸/۷۴۴	۱/۷۹۴	۱۴/۸۷۸	۳۲/۹۸۹

**، * و ns به ترتیب معنی دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و غیر معنی دار

جدول ضمیمه ۹- تاثیر اثرات اصلی ورمی کمپوست، میکوریزا و نیتروکسین بر تغییرات ماده خشک ذرت (TDM) در طول دوره رشد (گرم در بوته)

	روزهای پس از کاشت						
تیمار	۳۰	۴۵	۶۰	۷۵	۹۰	۱۰۵	۱۲۰
ورمی کمپوست							
A_1	۸/۷۶	۴۳/۶۷	۸۷/۲۷ b	۱۵۹/۵۴ b	۲۹۱/۷۰ b	۳۲۴/۶۶ b	۳۶۹/۸۶ b
A_2	۱۲/۷۷	۵۴/۲۴	۱۲۲/۹۹ a	۲۳۱/۶۰ a	۳۹۹/۸۹ a	۴۴۰/۶۵ a	۴۸۲/۰۵ a
میکوریزا							
B_1	۱۰/۵۱	۴۰/۵۶ b	۸۹/۶۱ b	۱۷۰/۹۲ b	۲۸۷/۲۸ b	۳۳۵/۳۶ b	۳۷۶/۱۶ b
B_2	۱۱/۰۷	۵۵/۶۴ a	۱۱۵/۸۴ a	۲۱۲/۲۵ a	۳۸۲/۶۷ a	۴۱۴/۳۲ a	۴۵۸/۵۴ a
B_3	۱۰/۷۳	۵۰/۶۵ a	۱۰۹/۹۴ a	۲۰۳/۵۴ a	۳۶۷/۴۲ a	۳۹۸/۲۸ a	۴۴۳/۱۶ a
نیتروکسین							
C_1	۹/۲۰ b	۴۵/۵۲ b	۹۶/۴۸ b	۱۷۷/۷۸ b	۳۲۰/۵۹ b	۳۶۱/۷۸ b	۳۹۸/۴۵ b
C_2	۱۲/۳۴ a	۵۲/۳۹ a	۱۱۳/۷۸ a	۲۱۳/۳۶ a	۳۷۱/۰۰ a	۴۰۳/۵۳ a	۴۵۳/۴۶ a

*حروف مشترک در هر ستون بیانگر عدم وجود اختلاف معنی دار بر اساس آزمون LSD می باشد

A_1: شاهد، A_2: ورمی کمپوست

B_1: شاهد، B_2: *Glomus mosseae*، B_3: *Glomus intraradices*

C_1: شاهد، C_2: نیتروکسین

جدول ضمیمه۱۰- تاثیر اثرات اصلی ورمی کمپوست، میکوریزا و نیتروکسین بر تغییرات سرعت رشد محصول ذرت (CGR) در طول دوره رشد (گرم بر مترمربع در روز)

	روزهای پس از کاشت						
تیمار	۰ -۳۰	۳۰-۴۵	۴۵-۶۰	۶۰-۷۵	۷۵-۹۰	۹۰-۱۰۵	۱۰۵-۱۲۰
ورمی کمپوست							
A_1	۳/۵۱	۱۳/۹۶	۱۷/۴۴	۲۸/۹۱	۵۲/۸۶	۱۳/۱۹	۱۸/۰۸
A_2	۵/۱۱	۱۶/۵۹	۲۷/۵۰	۴۳/۴۴	۶۷/۳۲	۱۶/۳۰	۱۶/۵۶
میکوریزا							
B_1	۴/۲۰	۱۲/۰۲	۱۹/۶۲	۳۲/۵۲	۴۶/۵۴	۱۹/۲۳	۱۶/۳۲
B_2	۴/۴۳	۱۷/۸۳	۲۴/۰۸	۳۸/۵۶	۶۸/۱۷	۱۲/۶۶	۱۷/۶۹
B_3	۴/۲۹	۱۵/۹۷	۲۳/۷۲	۳۷/۴۴	۶۵/۵۵	۱۲/۳۴	۱۷/۹۵
نیتروکسین							
C_1	۳/۶۸	۱۴/۵۳	۲۰/۳۹	۳۲/۵۲	۵۷/۱۲	۱۶/۴۸	۱۴/۶۷
C_2	۴/۹۴	۱۶/۰۲	۲۴/۵۶	۳۹/۸۳	۶۳/۰۶	۱۳/۰۱	۱۹/۹۷

A_1: شاهد، A_2: ورمی کمپوست

B_1: شاهد، B_2: *Glomus mosseae*، B_3: *Glomus intraradices*

C_1: شاهد، C_2: نیتروکسین

جدول ضمیمه ۱۱- تاثیر اثرات اصلی ورمی کمپوست، میکوریزا و نیتروکسین بر تغییرات سرعت رشد نسبی ذرت (RGR) مشاهده شده در طول دوره رشد (گرم بر گرم در روز)

	روزهای پس از کاشت						
تیمار	۰ -۳۰	۳۰-۴۵	۴۵-۶۰	۶۰-۷۵	۷۵-۹۰	۹۰-۱۰۵	۱۰۵-۱۲۰
ورمی کمپوست							
A_1	۰/۵۸۴	۰/۲۶۶	۰/۰۶۷	۰/۰۵۵	۰/۰۵۵	۰/۰۰۸	۰/۰۰۹
A_2	۰/۸۵۱	۰/۲۱۶	۰/۰۸۵	۰/۰۵۹	۰/۰۴۸	۰/۰۰۷	۰/۰۰۶
میکوریزا							
B_1	۰/۷۰	۰/۱۹۱	۰/۰۸۱	۰/۰۶۰	۰/۰۴۵	۰/۰۱۱	۰/۰۰۸
B_2	۰/۷۴	۰/۲۶۹	۰/۰۷۲	۰/۰۵۵	۰/۰۵۴	۰/۰۰۶	۰/۰۰۷
B_3	۰/۷۲	۰/۲۴۸	۰/۰۷۸	۰/۰۵۷	۰/۰۵۴	۰/۰۰۶	۰/۰۰۸
نیتروکسین							
C_1	۰/۶۱۳	۰/۲۶۳	۰/۰۷۵	۰/۰۵۶	۰/۰۵۴	۰/۰۰۹	۰/۰۰۷
C_2	۰/۸۲۳	۰/۲۱۶	۰/۰۷۸	۰/۰۵۸	۰/۰۴۹	۰/۰۰۶	۰/۰۰۸

A_1: شاهد، A_2: ورمی کمپوست

B_1: شاهد، B_2: *Glomus mosseae*، B_3: *Glomus intraradices*

C_1: شاهد، C_2: نیتروکسین

جدول ضمیمه ۱۲- تاثیر اثرات اصلی ورمی کمپوست، میکوریزا و نیتروکسین بر روند تغییرات شاخص سطح برگ ذرت (LAI) ذرت مشاهده شده در طول دوره رشد

تیمار	روزهای پس از کاشت						
	۳۰	۴۵	۶۰	۷۵	۹۰	۱۰۵	۱۲۰
ورمی کمپوست							
A_1	۱/۲۳	۲/۶۹	۳/۸۰	۴/۱۷	۵/۲۴	۳/۹۴	۲/۱۹
A_2	۱/۳۶	۳/۲۸	۴/۲۱	۵/۰۵	۶/۲۵	۵/۱۷	۳/۳۱
میکوریزا							
B_1	۱/۱۴	۲/۷۳	۳/۹۴	۴/۴۴	۵/۲۷	۴/۱۱	۲/۱۸
B_2	۱/۶۷	۳/۱۵	۴/۱۱	۴/۶۷	۶/۰۲	۴/۷۵	۳/۰۹
B_3	۱/۰۹	۳/۰۸	۳/۹۶	۴/۷۲	۵/۹۴	۴/۷۹	۲/۹۸
نیتروکسین							
C_1	۱/۰۴	۳/۰۱	۳/۸۰	۴/۴۳	۵/۵۴	۴/۳۲	۲/۳۷
C_2	۱/۵۵	۲/۹۶	۴/۲۰	۴/۷۹	۵/۹۴	۴/۷۸	۳/۱۳

A_1: شاهد، A_2: ورمی کمپوست

B_1: شاهد، B_2: *Glomus mosseae*، B_3: *Glomus intraradices*

C_1: شاهد، C_2: نیتروکسین

منابع مورد استفاده :

۱. آستارایی، ع. ر. ۱۳۸۵. تاثیر کمپوست زباله شهری و ورمی کمپوست بر اجزای عملکرد و عملکرد اسفرزه (*Plantago ovata*). فصلنامهٔ علمی - پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، شماره (۳) جلد ۲۲: ۱۸۷-۱۸۰.

۲. احتشامی، م.ر.، آقا علیخانی، م.، چائی چی، م.ن. و خاوازی، ک. ۱۳۸۸. تاثیر کودهای زیستی فسفاته بر خواص کمی و کیفی ذرت دانه ای (سینگل کراس ۷۰۴) در شرایط تنش کم آبی. مجله علوم گیاهان زراعی ایران. شماره (۱) جلد ۴۰: ۲۷-۱۵.

۳. اردکانی، م.ر.، مظاهری، د.، مجد، ف. و نورمحمدی، ق. ۱۳۷۹. نقش همیاری باکتری آزوسپیریلوم در جذب عناصر غذایی میکرو و ماکرو گندم. ششمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. ۱۶-۱۳ شهریور، بابلسر، دانشگاه مازندران.

۴. اصغرنیا، ح. ع.، عمرانی، ق. ع. و عمویی، ع. ا. ۱۳۷۹. مقایسه کمپوست هوازی با کمپوست تهیه شده توسط کر م خاکی ورمی کمپوست (ایزنیا فوئتیدا) از نظر زمان رسیدن و کیفیت میکروبی و شیمیایی. مرکز آموزش و تحقیقات بهداشتی بابل.

۵. امیرآبادی، م.، اردکانی، م.ر.، رجالی، ف.، برجی، م. و خاقانی، ش. ۱۳۸۸. تعیین کارایی میکوریزا و ازتوباکتر تحت تاثیر سطوح مختلف فسفر بر عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت علوفه ای رقم سینگل کراس ۷۰۴ در اراک. مجله علوم گیاهان زراعی ایران. شماره (۲). جلد ۴۰: ۵۱-۴۵.

۶. بای بوردی، ی. م.، ملکوتی، م. ج.، امیرمکری، ه. و نفیسی، م. ۱۳۷۹. تولید و مصرف بهینه کود شیمیایی در راستای اهداف کشاورزی پایدار. انتشارات نشر آموزش کشاورزی. تهران، ایران.

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

۸. بی نام. ۱۳۸۵. وزارت جهاد کشاورزی، آمار نامه کشاورزی، جلد اول محصولات زراعی و باغی (سال زراعی ۸۴-۱۳۸۳) نشریه ۸۵/۰۹ دفتر آمار و فن آوری اطلاعات معاونت برنامه ریزی و اقتصادی وزارت جهاد کشاورزی، تهران.

۹. پرورش و شاه منصوری، ۱۳۷۳. تهیه کود آلی کمپوست (ترجمه). نشر پرستش، چاپ اول.

۱۰. تاج بخش، م. ۱۳۷۵. ذرت : زراعت، اصلاح آفات و بیماری های آن. انتشارات احرار تبریز.

۱۱. جهان، م.، کوچکی، ع.م. و نصیری محلاتی، م. ۱۳۸۶. رشد، فتوسنتز و عملکرد ذرت در پاسخ به تلقیح با قارچ میکوریزا و باکتری های آزادزی تثبیت کننده نیتروژن در نظام های زراعی رایج و اکولوژیک. مجله پژوهشهای زراعی ایران. شماره (۱). جلد (۵): ۶۶-۵۳.

۱۲. حسن رضایی، ل. ۱۳۸۲. اثر همزیستی سه گانه میکوریزا، ریزوبیوم، 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.

۱۳. حق پرست تنها، م. ۱۳۷۲. خاکزیان و خاکهای زراعی. انتسارات دانشگاه آزاد اسلامی واحد رشت. صفحه ۹۸-۸۳.

۱۴. حمیدی، ا.، قلاوند، م.، دهقان شعار، م.، ملکوتی، م.ج.، اصغرزاده، ا. و چوکان، ر. ۱۳۸۵. اثرات کاربرد باکتری های محرک رشد گیاه (PGPR) بر عملکرد ذرت علوفه ای. پژوهش و سازندگی، جلد (۷۰): ۲۲-۱۶.

۱۵. خدابنده ، ن. ۱۳۷۷. غلات. انتشارات دانشگاه تهران.

۱۶. رجالی، ف. ۱۳۸۲. تهیه مایه تلقیح قارچهای میکوریز آربسکولار به روش درون شیشه ای و بررسی اثر آن در افزایش جذب عناصر غذایی در گیاه گندم با تنش خشکی. پایان نامه دکتری دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران.

۱۷. رجائی، م. و کریمیان، ن. ۱۳۷۸. تاثیر متقابل کمپوست و نیتروژن بر رشد گوجه فرنگی، قابلیت استفاده نیتروژن و بعضی خصوصیات خاک در شرایط گلخانه، مجموعه مقالات ششمین کنگره علوم خاک ایران.

۱۸. رسولی، م. ح، خاوازی، ک و ملکوتی. م. ج. ۱۳۸۲. نقش تغذیه بهینه کود در ترشح سیدروفورها. به منظور بهبود جذب عناصر ریزمغذی ، نشریه فنی شماره ۳۰۷ ، دفتر برنامه ریزی رسانه های ترویجی ، تهران، ایران.

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

۲۰. سرمدنیا، غ. و کوچکی، ع. ۱۳۹۶. فیزیولوژی گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

۲۱. سماوات، س.، لکزیان، ا. و ضمیرپور، ع.ر. ۱۳۸۰. تاثیر ورمی کمپوست بر روی شاخص های رشد گوجه فرنگی. مجله علوم و صنایع کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، شماره (۲) جلد ۱۵: ۸۹-۸۳.

۲۲. شیرانی، ا.، علیزاده، ع. و هاشمی ذزفولی، ا. ۱۳۷۹. بررسی اثر قارچ میکوریز آربسکولار، باکتری *Bradyrhizobium Japonicum* و فسفر بر کارایی جذب برخی از عناصر غذایی در سویا. نشریه علمی پژوهشی نهال و بذر، جلد۱۶، شماره ۲، ص ۱۷۲ تا ۱۹۱، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر. تهران، ایران.

۲۳. شیرانی، ا.، علیزاده، ع. و هاشمی ذزفولی، ا. ۱۳۷۹. بررسی اثر قارچ میکوریز آربسکولار، فسفر و تنش خشکی بر کارایی جذب عناصر غذایی در گیاه گندم. نشریه علمی پژوهشی نهال و بذر، جلد ۱۶، شماره ۳، ص۳۲۷ تا ۳۴۹، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر. تهران، ایران.

۲۴. عزیزی، م.، لکزیان، ا. و باغانی، م. ۱۳۸۳. بررسی تاثیر مقادیر متفاوت ورمی کمپوست بر شاخصهای رشد و میزان اسانس ریحان اصلاح شده. خلاصه مقالات دومین همایش گیاهان دارویی، دانشگاه شاهد، تهران، ۸-۷ بهمن. ایران.

۲۵. علی اصغرزاده، ن. ۱۳۷۹. بررسی واکنش و تراکم جمعیت قارچهای میکوریز آربسکولار در خاکهای 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.

۲۶. عمرانی، ق.ع. ۱۳۷۷. مواد زاید جامد. جلد اول. انتشارات دانشگاه آزاد اسلامی. چاپ دوم.

۲۷. کریمی ، هـ ۱۳۸۳ ، گیاهان زراعی، انتشارات دانشگاه تهران.

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

۲۹. لطیفی، ن.، نواب پور، س. و اکرم قادری، ف. ۱۳۸۲. ارزیابی شاخص های رشد در آفتابگردان، رقم رکورد، تحت شرایط دیم. مجله علوم و صنایع کشاورزی، شماره (۱). جلد (۱۷): ۶۷-۶۱.

۳۰. محمدی گل تپه، ا. ۱۳۷۶. تهیه کود آلی از باگاس نیشکر. مجله شکرشکن، شماره ۱۳ و ۱۴.
۳۱. مرشدی، ع.ر. ۱۳۸۲. مروری بر تولید و مصرف جهانی کود. مجله نهاده، شماره ۷، ص ۲۲ تا ۲۶.

۳۲. ملکوتی، م. ج. ۱۳۷۵. کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه سازی مصرف کود در ایران. چاپ اول. انتشارات نشر آموزش کشاورزی، تهران، ایران.

۳۳. ملکوتی، م. ج. ۱۳۷۸. کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه سازی مصرف کود در ایران. چاپ دوم. انتشارات نشر آموزش کشاورزی، تهران، ایران.

۳۴. ملکی، ع. ۱۳۷۸. اثر فواصل آبیاری و تقسیط نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزای بهاره (*Brassica napus*). پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت. دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

۳۵. مودب شبستری، م. و مجتهدی، م. ۱۳۶۹. فیزیولوژی گیاهان زراعی (ترجمه). مرکز نشر دانشگاهی تهران.

۳۶. یوسفی، ذ.، زرولی، م. ع.، عزیزی، م. و هدایتی، س. ۱۳۸۲. بررسی تولید کمپوست از مواد زائد خانگی به روش هوازی و کرم خاکی و تأثیر تناوب بارگذاری بر آن. ششمین همایش کشوری بهداشت محیط، جلد اول.

۳۷. یوسفی، ذ.، واعظ زاده، م.، عموئی، ع. ا.، اصغزنیا، ح. ع. و نعمتی، ع. ۱۳۸۶. قابلیت کمپوست زباله توسط کرمهای خاکی در مازندران. دهمین همایش ملی بهداشت محیط.

38. 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.

39. 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.

40. Abdali, R. 2005. Effect of Mycorrhizal fungi in different level of phosphorus and different period of irrigation on yield and yield components of popcorn (*Zea mays L*, SC 600.1) M.Sc thesis of Agronomy. Islamic Azad University - Karaj Branch. (In Farsi).

41. Acquaah, G. 2002. Principals of crop production (theory, technical and technology). Prentice – Hall of India, New Delhi. pp: 460.

42. 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.

43. Albanell, E., Plaixats, J., Cabrero, T. 1988. Chemical changes during vermicomposting (*Eisenia fetida*) of Sheep manure mixed with cotton industrial wasres.Biology and Fertility of soils, 6: 266-269.

44. 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.

45. Al-Karaki, G.N., AI-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.

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

47. 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.

48. Allen, M .F., Allen, E.B. and Friese, C.F. 1989. Responses of the non-mycotrophic plant *Salsola kali* to invasion by vesicular–arbuscular mycorrhizal fungi. New Phytol. 111:45-49.

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

50. Allen, M.F. 1991. The Ecology of Mycorrhizae. Cambridge University Press. Press. 196p. ISBN: 0521335531.

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

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

53. Anwar, M., Patra, D.D., Chand, S., Alpesh, K., Naqvi, A.A. and Khanuja, S. P. S. 2005. Effect of organic manures and inorganic fertilizer on growth, herb and oil yield, nutrient accumulation, and oil quality of French basil. Communications in Soil Sciences and Plant Analysis. 36: 1737-1746.

54. Arancon, N.Q., Edwards, C.A., Atiyeh, R. and Metzger, J.D. Effects of vermicompost produced from food wastes on the growth and yield of greenhouse peppers. Bioresource Technology. 2004. 93:139-144.

55. Arnaud, C., Saint-Denis, M., Narbonne, J.F., Soler, P. and Ribera, D. 2000. Influence of different standardized test methods on biochemical responses in the earthworm *Eisenia fetida andrei.* Soil Biology and Biochemistry. 32:67-73.

56. 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.

57. Atiyeh, R.M., Arancon, N., Edwards, C.A. and Metzger, J.D. 2002a. Incorporation of earthworm processed organic wastes into greenhouse container media for production of marigolds. Bioresource Technology, 81(2)103-108.

58. Atiyeh, R.M., Arancon, N., Edwards, C.A. and Metzger, J.D., 2001. The influence of earthwormprocessed pig manure on the growth and productivity of marigolds. Bioresource Technology, 81(2): 103-108.

59. Atiyeh, R.M., Arancon, N., Edwards, C.A. and Metzger, J.D. 2002b. The influence of humic acids derived from earthworm processed organic wastes on plant growth. Bioresource Technology, 84(1): 7-14.

60. Atiyeh, R.M., Dominguez, J., Subler, S. and Edwards, C.A. 2000. Influence of earthworm processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. Bioresource Technology. 75:175-180.

61. Atiyeh, R.M., Subler, S., Edwards, C.A. and Metzger, J. 1999. Growth of tomato plants in horticultural potting media amended with vermicomost. Pedobiologia. 43:1-5.

62. 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.

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

64. 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.

65. Bachman, G.R., and Metzeger, J.D. 1998**.** The use of vermicompost as a media amendment. Pedo Biologia 32: 419-423.

66. 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.

67. 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.

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

69. 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 Environl Microbiol. 64: 2304-2307.

70. 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.

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

72. 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.

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

74. Barker, S.J., Tagu, D. and Delp, G. 1998. Regulation of root and fungal morphogenesis in mycorrhizal symbiosis. Plant Physiology. 116: 1201-1207.

75. Bartschi, H., Gianinazzi–Pearson, V. and Vegh, I. 1981. Vesicular–arbuscular mycorrhizae formation and root rot disease (*Phylophthora cinnamomi*) development in *Chamaecyparis lawsoniana*. Phytopathol, Z. 102:213-218.

76. Baruzzini, L. and Delzan, F. 1992. Soil fertility improvement and pollution risks from the use of compost referred to N, P, K and C balance. Soil International Symposium on Compost Recycling of Wastes, Athens, Greece, 4-7 October 1989. Acta Horticulture. No. 302: 51-62.

77. Barzegar, A.R., Nelson, P.N. Oades, J.M. and Rangasamy, P. 1997. Organic matter, Sodicity and Clay Type: Influence on Soil Aggregation. Soil Sci. Soc. Am. J., 56: 1292-1298.

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

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

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

81. 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.

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

83. 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.

84. 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.

85. Benitez, E., Nogales, R., Elvira, C., Masciandaro, G. and Ceccanti, B. 1999. Enzyme activities as indicators of the stabilization of sewage sludges composting with Eisenia foetida. Bioresource Technology. 67:297-303.

86. Bergefurd, B., Grassbaugh, E., Bierman, P., Bennett, M. And Riedel, M. 2005. Use of vermicompost for the production of Fresh Market staked tomato crops as potential organic and non-organic cropping systems. Ohio Vegetable and Small fruit Research and Development program.

87. 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.

88. Bethlenfalavy, G.J., Brown, M.S., Ames, R.N. and Thomas, R.S. 1988. Effects of drought on host and endophyte development in mycorrhizal soybeans relation to water use and phosphate uptake. Physiol. Plant. 72:565-571.

89. 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.

90. Bethlenfalvay, 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.

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

92. 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.

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

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

95. Bi, Y.L., Li, X.L.L. and Christie, P. 2003. Influence of early stages of arbuscular mycorrhiza on uptake of zinc and phosphorus by red clover from a low-phosphorus soil amended with zinc and phosphorus. Chemosphere, 50:831- 837.

96. 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.

97. Boddey, R.M. and Dobereiner, J. 1988. Nitrogen fixation associated with grasses and cereals Recent results and perspectives for future research. Plant and Soil. 108:53-65.

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

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

100. Bremness, L., 1999. Herbs. Eyewitness Handbook, London, 176 p.

101. 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.

102. Brussard, L. and Ferrera-Cenato, R. 1997. Soil Ecology in Sustainable Agricultural Systems. New York: Lewis Publishers, U.S.A. 168p.

103. Buchanan, M. and Gliessman, S.R. 1992. How Compost fertilization affects soil nitrogen and crop yield Biocyde, 32: 72-76.

104. Cantanazaro, C.J., Williams, K.A. and Sauve, R.J. 1998. Slow release versus water soluble fertilization affects nutrient leaching and growth of potted chrysanthemum. Journal of Plant Nutrition. 21: 1025–1036.

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

106. 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. 60:155-60.

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

108. Caris, c., Hordt, W., Hawkins, H.J., Rornhel, V. and Eckhard, G. 1998. Studies of iron transport by arbuscular mycrorrhiza hyphae from soil: to peanut and sorghum plants. Mycorrhiza, 8: 35-39.

109. 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.

110. Cavender, N.D., Atiyeh, R.M. and Knee, M. 2003. Vermicompost stimulates mycorrhizal colonization of roots of *Sorghum bicolor* at the expense of plant growth. Pedobiologia. 47: 85-89.

111. Celik, I., Ortas, I. and Kilic, S. 2004. Effects of compost, mycorrhiza, manure and fertilizer on some physical properties of a chromoxerert soil. Soil and Tillage Research, 78:59-67.

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

113. 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 *Rhizobioum leguminosarum* biovar *phaseoli*. Soil. Biol. Biochem. 30:1615-118.

114. Chaoui, H.I., Zibilske, L.M. and Ohno, T. 2003 .Effects of earthworm casts and compost on soil microbial activity and plant nutrient availability. Soil Biology and Biochemistry. 35: 295-302.

115. Chaudhuri, P., Pal, T.K., Bhattacharjee, G. and Dey, S.K. 2001. Nutrient Changes during vermicomposting by perioyx excavatus of the aquatic weed *Trapa bispinosa*. Soil Biology and Biochemistry, 130(2): 257-262.

116. Clarcke, J.M. and Simpson, G.M. 1978. Growth and analysis of *Brassica napus* cv. Tower. Can.J.Plant. Sci. 58:587-595.

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

118. Coelho, D.t. and Dale, R.F. 1980. An energy–crop growth variable and temperature function for prediction corn growth and development: plantiong to silking. Agron.J. 72:503-510.

119. 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, Wl.

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

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

122. Cox, D.A. 1993. Reducing nitrogen leaching-losses from containerized plants: the effectiveness of controlledrelease fertilizers. Journal of Plant Nutrition, 16: 533–545.

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

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

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

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

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

128. 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.

129. Davidson, H.R. and Campbell, C.A. 1984. Growth rates, harvest index and moisture use of manitu spring wheats influenced by nitrogen, tempreture and moisture. Canadian Journal Plant Science. 64: 825-839.

130. 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.

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

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

133. Defreitas, JR., 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.

134. Dexter, A.R. 1988. Advances in characterization of soil structure. Soil and tillage Research. 11: 199-238.

135. Dickerson, G.W. 1999. Vermicomposting. WWW. Cahe. Nmus/edu.

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

137. 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.

138. 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.

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

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

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

142. Edwards, C.A. and Burrows, I. 1988. The potential of earthworm composts as plant growth media. In: Edwards, C.A., Neuhauser, E.(Eds), Earthworms in Wastes and Environmental Management. SPB Academic Press, The Hague, Netherland. pp.21-32.

143. Edwards, C.A. 1995. Historical overview of vermicomposting. Biocycle. 36: 56–58.

144. 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.

145. Esch, H., Hundeshagen, B., Schneiderpoetsch, H. and Bothe, H. 1994. Demonstration of abscisic acid in spores and hyphae of the arbuscular mycorrhizal fungas Glomus and in the N2-fixing cyanobacterium *Anabaena variabilis*. Plant Science. 99: 9-16.

146. Evans, D.G., and Miller, M.H. 1990. The role of the external mycelial network in the effect of soil disturbance upon vesicular–arbuscular mycorrhizal colonization of maize. New Phytol. 114:65-71.

147. 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.

148. 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.

149. FAO, 2005. FAOSTAT data 2004. http/www.FAOSTAT.org.

150. Federico, A., Borraz, J.S., Molina, J.A.M., Nafate, C.C., Archila, M.A. and Oliva, L.M. 2007. Vermicompost as a soil supplement to improve growth, yield and fruit quality of tomato (*Lycopersicum esculentum*). Bioresource Technology. 98(15): 2781–2786.

151. 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 sugars in roots. Mycorrhiza. 12: 185-190.

152. 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.

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

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

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

156. Fitzpatrich, G.E., Duke, E.R. and Klockmoor, K.A. 1998. Use of compost products for ornamental crop production: Research and grower experiences. HortScience, 33: 941-944.

157. 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.

158. Follet, R.H., Murphy, S.L. and onahue, R.D. 1981. Fertilizer and soil ammendments. 2nd edition, Prentic-Hal Pub., England.

159. Forster, J.C., Zech, W. and Wrdiger, E. 1993. Comparison of chemical and microbiological methods for the characterization of the maturity of composts from contrasting sources. Biology and Fertility of Soils. 16:93-99.

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

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

162. 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.

163. 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.

164. 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.

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

166. Garbaye, J. 1994. Helperbacteria: a new dimension to the mycorrhizal symbiosis, New Phytologist, 128:197-210.

167. Gardezi, A.K., Ferrara, R., Acuna, J.L. and savedra, M.L. 2000. *Sesbania emerus* (Aubi) urban in oculated with *Glomus SP*. In the presence of vermicompost. Mycorrhiza news, 12 (3) : 12-15.

168. 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.
169. Genter, C.F., Jones, G.D. and carter, M.T. 1970. Dry matter accumulation and depletion in leaves, stems, and ears of maturing maize.Agron.J. 62:535-537.

170. 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.

171. Giovannetti, M., Sbrana, C., Citernesi, A.S., Avio, L., Gollotte, A., Gianinazzi-Pearson, V. and Gianinazzi, S. 1994. Recognition and infection process, basis for host specificity of arbuscualr mycorrhizal. fungi; In: Impact of Arbuscualr Mycorrhizas on Sustainable Agriculture and Natural Ecosystems. S. Gianinazzi and H. Schuepp. (eds). Birkhauser Verlag Basel. Switzerland. PP. 61-71.

172. Giovannetti, M. and Sbrana, C. 1998. Meeting a non-host: the behaviour of AM fungi. Mycorrhiza. 8: 123-130.

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

174. 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.

175. 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.

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

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

178. 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.

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

180. Gryndler, M. 2000. Interaction of arbuscular mycorrhizal 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.

181. Gunadi, B., Edwards, C.A. and Blount, C. 2002. The influence of different moisture levels on the growth, fecundity and survivial of *Eisenia foetida* (savigny) in cattle and pig manure solids. Soil Biology and Biochemistry, 39: 19-24.

182. Gupta, M.L., Prasad, A., Ram, M. and kumar, S. 2002. Effect of the vesicular-arbuscular mycorrhizal (VAM) fungus *Glomus fasiculatum* on the essential oil yield related characters and nutrient acquisition in the crops of different cultivars of menthol mint (*Mentha arvensis*) under field conditions. Bioresource Technology. 81: 77-79.

183. Gupta, P.K. 2004. Vermicompostting for sustainable agriculture 1st ed. India: Agrobios; Influences of vermicomposts on field strawberries: 1.Effects on growth and yields. Bioresource Technology, 93: 145-153.

184. Hallmann, J., Quadt-Hallmann, A., Mahaffee , W.F. and Kloepper, J.W. 1997. Bacterial endophytes in agricultural crops. Can J.Microbiol. 43:895-914.

185. 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.

186. Hameeda, B., Rupela, P.O., Reddy, G. and Satyavani, k. 2006. Application of plant growth promoting bacteria associated with composts and macrofauna for growth promotion of pearl millet (*Pennisetum glaucum L.*) Biology and Fertility of Soils, 44:260-266.

187. 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.

188. 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.

189. 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.

190. 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.

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

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

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

194. 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.

195. Hasanudin, H. 2003. Increasing of the nutrient and uptake avaliability of N and P and through corn yield of inoculation of mycorrhiza, azotobacter and on ultisol organic matter. Journal of Agriculture Sciences of Indonesia. 5(1): 83-89.

196. Hashemimajd, K., Kalbasi, M., Golchin, A. and Shaiatmadari, H. 2004. Comparison of vermicompost and composts as potting media for growth of tomatoes. Plant Nutrition. Vol.27. No.6. pp. 1107-1123.

197. Hass, D. and Defago, G. 2005. Biological control of soil-borne pathogens by fluorescent pseudomonads. Natur. Rev. Microbiol. 3(4): 307-319.

198. 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.

199. Hayman, D.S. 1986. Mycorrhizae of nitrogen-fixing legumes. World Journal of Microbiology and Biotechnology, 2: 121-145.

200. 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.

201. Hidalgo, p., Sindoni, M., Matta, F. and Ngel, D.H. 2002. Earthworm Castings Increase Germination Rate and Seedling Development of Cucumber. Vermicasting Reference Information Why Is Vermicompost So Good, Anyway?

202. 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.

203. Hodge, A. 2000. Microbial ecology of the arbuscular mycorrhiza. FEMS Microbiology Ecology, 32: 91-96.

204. 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.

205. 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.

206. Hungria, M., Andrade, D.S., Colozzi-Filho, A. and Balota, E.L. 1997. Interacao entre microrganismos do solo, feijoeriro e milho em monoculture consorcio. Pesquisa Agrogecuaria Brasileira, 32:807-818.

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

208. Jackson, M.B. 1993. Are plant hormones involved in root to shoot communication? Adv.Bot.Res. 19:103-186.

209. 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.

210. 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.

211. Jasper, D.A., Abbott, L.K. and Robson, A.D. 1991. The effects of soil disturbance on vesicular–arbuscular mycorrhizal fungi in soils from different vegetation types. New Phytol. 118:471-476.

212. Jat, R.S. and Ahlawat, I.P.S. 2006. Direct and residual effect of vermicompost, biofertilizers and phosphorus on soil nutrient dynamics and productivity of chickpea-fodder maize sequence. Journal Sustainable Agricultural, 28: 41-54.

213. Jat, R.S. and Ahlawat, I.P.S. 2004. Effect of vermicompost, biofertilizer and phosphorus on growth, yield and nutrient uptake by gram (*Cicer arietinum*) and their residual effect on fodder maize (*Zea mays*). Indian Journal Agricultural Sciences, 74: 359-361.

214. Javed, M., Arshad, M. and Ali, K. 1998. Evaluation of rhizobacteria for their growth promoting activity in maize. Pakistan Journal of Soil Science,14:36-42.

215. Jeabel, A. and Kuppuswamy, G. 2001. Recycling of organic waste for Production of Vermicomposting and its Response in Rice Legume Cropping System and Soil Fertility. European Journal of Agronomy, 15:153-170.

216. 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.

217. Jeyabal, A. and Kupposwamy, G. 2001. Recycling of organic wastes for the production of vermicompost and it's response in rice-legume cropping system and soil fertility. European Journal of Agronomy, 15: 153-170.

218. 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.

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

220. 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.

221. Kale, R.D., Bano, K., Sreenivasa, M.N. and Bagyaraj, D.J. 1987. Influence of worm cast on the growth and mycorrhizal colonization of two ornamental plants. South Indian Horticulture, 35: 433-437.

222. Kale, R.D., Mallesh, B.C., Kubra, B. and Bagyaraj, D.J. 2002. Influence of vermicompost application on the available macronutrients and selected microbial population in a paddy field. Soil Biology and Biochemistry, 24: 1317-1320.

223. Kalyanasundaram, D. and Surendirakumar, P.S. 2003. Integrated nutrient management in hybrid rice adtrh-1. Adv. Plant. Sci. 16:171-175.

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

225. 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.

226. Kapulnik, Y., Okon, Y. and Henis, Y. 1987. Yield response of spring wheat cultivars (*Triticum aestivum and T. turgidum*) to inoculation with *Azospirillum brasilense* under field conditions. Biol. Fert. Soils. 4:24-35.

227. Kapulnik, Y., Sarig, S., Nur, A., Okon, Y. and Henis, Y. 1982. The effect of Azospirillum inoculation on growth activties and grain yield in maize. Agronomie, 12:319-324.

228. Karimi, M.M. and Siddique, H.M. 1991. Crop growth and relative growth rates of old and modern wheat cultivars. Aust.J.Agric.Res. 42:13-20.

229. Karimi, M.M. 1979. Soil moisture stress effects on reproductive and vegetative components of soybeans. Ph.D. Thesis. Library. Iowa State Uni.Sci.Tech.Ames.Iowa.

230. 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.

231. 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.

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

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

234. Kothari, S.K., Marschner, H. and Romheld, V. 1991. Contribution of VA mycorthizal hyphae in acquisition of phosphorus and zinc by maize grown in a calcareous soil. Plant and Soil. 131: 177-185.

235. Kothari, S.K., Marschner, H., and Romheld, V. 1990. Effect of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi and rhizosphere microorganisms on manganese reduction in the rhizophere and manganese concentration in maize. New Phytologist, 117: 649-655.

236. 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.

237. Kucey, R.M.N., and Janzen, H.H. 1987. Effect ofVAM 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.

238. 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.

239. Kumar, S., Rawat, C.R., Dhar, S. and Rai., S.K. 2005. Dry matter accumulation, nutrient uptake and changes in soil fertility status as influenced by different organic sources of nutrients to forage sorghum (*Sorghum bicolor*). Indian Journal Agricultural Sciences, 75: 340-342.

240. Kumawat, P.D., Jat, N.L. and Yadavi, S.S. 2006. Effect of organic manure and nitrogen fertilization on growth, yield and economics of barley (*Hordeum vulgare*). Indian Journal Agricultural Sciences, 76: 226-229.

241. Kuppuswamy, G., Jeyabal, A. and Lakshmanan, A.R. 1992. Effect of enriched biogas slurry and farm yard manure on growth and yield of rice. Agriculture Digest, 12: 101-104.

242. Lal, L. 2000. Phosphatic Biofertilizer. Agrotech Publishing Academy p. 224. Larry Peterson, R., Massicotte, B. and Melville, L.H. 2004. Mycorrhizas: Anatomy and Cell Biology. NRC Research Press. Hama. P 173.

243. Lee, Y.S. and Bartlett, R.J. 1976. Stimulation of plant growth by humic substances. Journal of the American Society of Soil Science. 40: 876-879.

244. Lekberg, Y., and Koide, R.T. 2005. Is plant performance limited by an abundance of arbuscular mycorrhizal fungi? Ameta – analysis of studies published between 1988 – 2003. New phytologist, 168: 189-200.

245. Leong, J. 1986. Siderophores: their biochemistry and possible role in the biocontrol of plant pathogens. Annu. Rev. Phytopathol. 24:187-208.

246. 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.

247. 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.

248. 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.

249. Linderman, R.G. 1988. Mycorrhizal interactions with the rhizosphere microflora: The mycorrhizosphere effect. Phytopathology. 78:366-371.

250. 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.

251. Liuc, J. and Pank, B. 2005. Effect of vermicompost and fertility levels on growth and oil yield of Roman chamomile: Scientia Pharmaceutica, 46: 63-69.

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

253. 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.

254. 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.

255. Loecke, T.D., Liebman, M. Cmbardella, C.A. and Richard, T. 2004. Corn growth responses to composted and fresh solid swine manures. Crop. Sci. 44:177-184.

256. 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.

257. 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.

258. Lui, S.X., Xiong, D.Z. and Wu, D.B. 1991. Studies on the effect of earthworms on the fertility of red-arid soil. Advances in managemen and conservation of soil fauna. In: Proceedings of the 10th International Soil Biology. August 7–13, Colloquium, held at Banglador, India.

259. 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.

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

261. Mahboub Khomami, A. 2005. Effect of liquid bio-fertilizer (vermiwash) in foliar application on dieffenbachia and aglaonema nutrition and growth indices. Agricultural Sciences.1(4):175-187(in Farsi).

262. Mamo, M., Rosen, C.J. Halbach, T.R. and Moncrief, J.F., 1998. Corn yield and nitrogen uptake in sandy soils amended with municipal solid waste compost. Journal of Production Agriculture, 11: 469-475.

263. Mamo, M., Rosen, C.J. and Halbach, T.R. 1999. Nitrogen availability and leaching from soil amended with municipal solid waste compost. Journal of Environmental Quality, 28: 1074-1082.

264. 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.

265. Manna, M.C., Jha, S., Ghosh, P.K. and Acharya, C. L. 2003 .Comparative efficacy of three epigic earthworms under different deciduous forest litters decomposition. Bioresource Technology. 88: 197-206.

266. 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.

267. Marinari, S., Masciandaro, G., Ceccanti, B. and Grego, S. 2000. Influence of organic and mineral fertilizers on soil biological and physical properties. Bioresource Technology. 72:9-17.

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

269. Martin, J.P., Black, J.H. and Hawthorne, R.M. 1997. Earthworm biology and production. Comstock Publishing Associates, Ithaca, N.Y.395 pp.

270. 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.

271. Martinez-Toledo, M.V., delaRubia, T., Moreno, J. and Gonzalez-Lopez, J. 1988. Root exudates of *Zea mays* and production of auxins, gibberellins and cytokinins by *Azotobacter chroococcum*. Plant and Soil, 110:149-152.

272. Marulanda, A., Barea, J.M. and Azcon, R. 2006. An indigenous drought-tolerant strain of *Glomus intraradices* associated with a native bacterium improves water transport and root development in retama spaerocarpa. FEMS Microbiology Ecology, 52: 670-678.

273. Masciandaro, G. and Ceccanti, B. 1997. Soil argo – ecological Management : fert irrigation and vermicompost treatments. Bioresource Technology. 59 (2-3) : 199-206.

274. 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.

275. Mba, C.C. 1996. Treated-cassava peel vermicomposts enhanced earthworm activities and cowpea growth in field plots. Research Conservation Recycle, 17: 219-226.

276. 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.

277. Mecgonigle, T.P. 1988. A numerical analysis of published field trials with vesicular- arbuscular mycorrhizal fungi in the field. Applied Soil Ecology, 12: 41-50.

278. Mcginnis, M., Cooke, A., Bilderback, T. and Lorscheider, M. 2003. Organic fertilizers for basil transplant production. Acta Horticulturea, 491: 213-218.

279. 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.

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

281. 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.

282. 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.

283. 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.

284. 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.

285. Mordukhova, E.A., Skvortsova, N.P., Kochetov, V.V., Dubeikvskii, A.N. and Boronin, A.N. 1991. Sknthesis of the phytohormone indole– 3-acetic acid by rhizospere bacteria of the genus Pseudomonas. Mikro. 60.494-500.

286. Mousavi Jangali, S.A., Sani, B., Sharifi, M. and Hoseini-Nejad, Z. 2005. Effect of phosphate solubilizing bacteria and Mycorrhizal fungi on yield and yield components of corn grain (SC 704). Journal of Iran Agriculture Science, 2 (1), 60 – 65. (In Farsi).

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

288. Muscolo, A., Bovalo, F., Gionfriddo, F. and Nardi, F. 1999. Earthworm humic matter produces auxin-like effects on *Daucus carota* cell growth and nitrate metabolism. Soil Biology and Biochemistry, 31: 1303-1311.

289. Narender, P., Malik, T.P. and Mangal, J. 2001. Effect of FYM and vermicompost on potato. Program supplement. Horticulture Art and Science for life XXVI th International Horticultural congress. Toronto. Canada.

290. 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.

291. Nieto, K.F. and Frankenberger, W.T., Jr. 1991. Influence of adenine, isopentyl alcolol and *Azotobacter chroococcum* on the vegetative growth of *Zea mays*. Plant and Soil. 135:213-221.

292. 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.

293. 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.

294. 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.

295. Okon, Y. and Labandera-Gonzalez, C.A. 1994. Agronomic applications of Azospirillum: an evaluation of 20 years worldwide field inoculation. Soil. Biol. Biochem. 26: 1591-1601.

296. Orozco, F.H., Cegarra, J., Trujillo, L.M. and Roig, A. 1996. Vermicomposting of coffee pulp using the earthworm *Eisenia fetida*: effects on C and N contents and the availability of nutrients. Biology and Fertility of Soils, 22: 162-166.

297. 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.

298. Osonubi, O., Mulongoy, K., Awotoye, O.O., Atayese, M.O. and Okali, D.U.U. 1991. Effects of ectomycorrhiza and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi on drought tolerance of four legwIlinous woody seedlings. Plant and Soil. 136: 131143.

299. Ozores – Hampton, M.P. and Obreza, T.A. 1998. Composted waste use on florida crops. A. Review. International composting symposium, Nova scotia.

300. Pacovsky, R.S. 1988. Influence of inoculation with *Azospirillum brasilense* and *Glomus fasciculatum* on sorghum nutrition. Plant and Soil. 110:283-286.

301. Pacovsky, R.S. and Fuller, G. 1988. Mineral and lipid composition of *Glycine-Glomus-Bradyrhizobium* symbiosis. Physiologica plantarum.72: 733-746.

302. Pacovsky, R.S., Fuller, G. and Paul, E.A. 1985. Influence of soil on the interactions between endomycorrhizae and Azospirillum in sorghum. Soil Biology Biochemistry. 17: 525-531.

303. 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.

304. Pan, B., Bai, Y.M. Leibvitch, S. and Smith, D.L. 1999. Plant–growth–promoting rhizobacteria and kinetin as ways to promote corn growth and yield in short–growing-season area. Euro.J.Agron. 11:179-186.

305. Pan, B., Vessey, J.K. and Smith, D.L. 2002. Response of field-grown soybean to co-inoculation with the plant growth promoting rhizobacteria *Serratia proteamaculans* or *Serratia liquefaciens*, and *Bradyrhizobium japonicum* pre-incubated with genistein. Eur. J. Agron. 17:143-153.

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

307. 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.

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

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

310. Peet, M.M., Rippy, M.J., Nelson, P.V. and Catignani, G.L. 2005. Organic production of green house tomatoes utilizing the bag system and soluble organic fertilizers, International society for horticultural science.

311. 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.

312. 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.

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

314. Rangasamy, P. and Olsson, A. 1991. Sodicity and soil structure. Aus. J.Soil Res, 29: 935-952.

315. Ranwa, R.S. and Sing, K.P. 1999. Effect of integrated nutrient management with vermicompost on productivity of wheat (*Triticum aestivum*). Indian Journal Agronomy. 44(3): 554-559.

316. Ratti, N., Kumar, S. Verma, H.N. and Gautam, S.P. 2001. Improvement in bioavailability of tricalcium phosphate to *Cymbopogon martinii* var. motia by rhizobacteria, AMF and Azospirillum inoculation. Microbial Research. 156: 145-149.

317. 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.

318. 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.

319. 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.

320. Rigi, M.R. 2003. Study of greenhouse effect three type of vermicompost and nitrogen on yield and chemical composition of corn and rice. Msc Thesis. University of Shiraz, pp: 5-7.

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

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

323. Roy, D.K. and Singh, B.P. 2006. Effect of level and time of nitrogen application with and without vermicompost application with and without vermicompost on yield, yield attributes and quality of malt barley (*Hordeum vulgare*). Indian Journal Agronomy. 51: 40-42.

324. 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.

325. Safir, G.R. 1987. Ecophysiology of VA Mycorrhizal plants. CRC Press.

326. Sainz, M.J., Taboada-Castro, M.T. and Vilarino, A. 1998. Growth mineral nutrition and mycorrhizal colonization of red clover and cucumber plants grown in a soil amended with composted urban wastes. Plant and Soil. 205: 85-92.

327. 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.

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

329. 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.

330. Sathe, T.V. 2004. Vermiculture and organic farming. Daya publishing house, Delhi, India.

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

332. Serra, W., Houot, C.S. and Barriuso, E. 1996. Modification of soil water retention and biological properties with municipal solid waste compost. Compost Science and Utilization, 4(1): 44-52.

333. Schubert, A. and Hayman, D.S. 1996. Plant growth responses to vesicular–arbuscular mycorrhiza: XVI. Effectiveness of different endophytes at different levels of soil phosphate. New Phytol. 103:79-90.

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

335. 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.

336. Sharma, A.K. 2002. A handbook of organic farming. Agrobios, India. 627 pp.

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

338. Shete, M.B., Chaudhary, S.M. And Warade, S.D. 1993. A note on use of fym and vermicompost on yield of white onion cv phule safed. Allium Improvement Newsleter. 3: 36-38.

339. Shi, S.F., Goscho, G.J. and Rahi, G.S. 1981. Biomass production of sweet sorghum. Agr.J. 173:1027-1031.

340. Shivaputra, S.S., Patil, C.P., Swamy, G.S.K. and Patil, P.B. 2004. Effect of vesicular-arbuscular mycorrhizae fungi and vermicompost on drought tolerance in papaya. Mycorrhiza News. 16: 12-13.

341. Sindhu, S.S., Suneja, S., Goel, A.K. Parmar, N.K. and Dadrwal, R. 2002. Plant growth promotin effect of *Pseudomonas sp.* on co inoculation with *Mesorhizobium sp.* Cicer under sterile and wilt sick soil conditions. App. Soil. Eco. 19:57-64.

342. 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.

343. Singh, S. and Kapoor, K.K. 1998. Effects of inoculation of phosphate-solubilizing microorganisms and an arbuscular mycorrhizal fungus on mungbean grown under natural soil conditions. Mycorrhizae, 7: 249-253.

344. Singh, S. and Kapoor, K.K. 1999. Inoculation wit phosphate-solubilizing microorganisms and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus improves dry matter yield nutrient uptake by wheat grown in a sandy soil. Biology and Fertility of Soils, 28: 139-144.

345. Smith, S.E. and Read, D. J. 2008. Mycorrhizal Symbiosis. Academic Press. P.

346. 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.

347. 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 Ciências, 78: 183-193.

348. Srivastava, A.K., Singh, S. and Marathe, R.A. 2002. Organic citrus: Soil fertility and plant nutrition. Journal of Sustainable Agriculture, 19(3): 5-29.

349. Stancheva, I., Dimitrev, 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.

350. 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.

351. 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.

352. Strzelcyk, E., Kampert, M. and Li, C.Y. 1994. Cytoknin–substances and ethylene production by Azospirillum in media with different carbon surces. Microbiol. Res. 149:55-60.

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

354. Subler, S., Edwards,. C.A. and Metzger, J. 1998. Comparing vermicomposts and composts. Biocycle. 39:63-66.

355. Subramanian, K.S. and Charest, C. 1998. Arbuscular mycorrhizae and nitrogen assimilation in maize after drought and recovery. Phsiol. Plantarum. 102(2): 285-296.

356. 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.

357. Subramanian, K.S., Santhanakrishnan, P. and Balasubramanian, P. 2006. Responses of field grown tomato plants to arbuscular mycorrhizal fungal colonization under varying intensities of drought stress. Sciences Horticulturae. 107: 245-253.

358. 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.

359. 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).

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

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

362. 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.

363. 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.

364. Tan, K.H. and Tantiwiramanond, D. 1983. Effect of humic acids on nodulation and dry matter production of soybean, peanut, and clover. Soil Science Society of America Journal. 47: 1121-1124.

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

366. 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.

367. 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. Toowoomba, Australia.

368. 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.

369. Thompson, J.P. 1994. Inoculation with vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi from cropped soil overcomes long-fallow disorder of linseed (*Linum ustitatissium L*.) by improving P and Zn uptake. Soil Biology and Biochemistry. 26(9):1133-1143

370. 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.

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

372. 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.

373. 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.

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

375. Tisdall, J.M. 1991. Fungal hyphae and structural stability of soil. Aust. J.Soil Res. 29:7729-743.

376. Tomati, U., Galli, E. Grappelli, A. and Hard, J.S. 1994. Plant metabolism as influenced by earthworm casts. Mitteilungen aus dem Hamburgischen Zoologischen Museum and Institute. 2: 179–185.

377. Tomati, U., Grappelli, A. and Galli, E., 1983. Fertility factors in earthworm humus. In Proceedings of the International Symposium on Agricultural Environment. Prospects in Earthworm Farming. Publication Ministero della Ricerca Scientifica e Technologia, Rome, pp. 49-56.

378. Tomati, U., Grappelli, A. and Galli, E., 1987. The hormone-like effect of earthworm castson plant growth. Biology and Fertility of Soils, 5:288-294.

379. Tyler, H.H., Warren, S.L., Bilderback, T.E. and Fonteno, W.C. 1993. Composted turky litter: I. Effect on chemical and physical properties of a pine bark substrate. Journal of Environmental Horticulture. 11: 131-136.

380. 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.

381. 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.

382. 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.

383. 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.

384. Wright, S., Haker, T., Miller, L., Welch, A., Bergfurd, B. and Islam, R. 2004. Evaluation of food waste vermicompost on seedling greenhouse cucumber growth.

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

386. Yadav, R.L., Dwivedi, B.S. and Pandey, P.S. 2000. Rice–wheat cropping system: assessment of sustainability under green manuring and chemical fertilizer inputs. Field Crops Res. 65, 15–30.

387. Yadvinder, S., Ladha, B.S., Khind, J.K., Gupta, C.S., Meelu, R.K. and Pasuquin, O.P. 2004. Long-term effects of organic inputs on yield and soil fertility in rice–wheat rotation. Soil Sci. Soc. Am. J. 68, 845– 853.

388. Yasari, E., Patwardhan, A.M. 2007. Effects of Aztobacter and Azospirillium inoculations and chemical fertilizer on growth and productiovity of canola. Asi.J.Plant.Sci. 6(1) : 77-82.

389. Young, C.C., Lai, W.A., Shen, F.T., Huang, W.S. and Arun, A.B. 2004. Characterization of multifunctional biofertilizer from Taiwan and biosafety considerations. International Symposium on Future Development of Agricultural Biotechnology Park. pp. 373-388.

390. Younis, M.E., El-Shahaby, O.A., Abo-Hamed, S.A. and Ibrahim, A.H. 2000. Effects of water stress on growth, pigment and CO_2 assimilation in three sorghum cultivars.J.Agron.Crop.Sci. 185:73-82.

391. Valdrighi, M.M., Pera, A., Agnolucci, M., Frassinetti, S., Lunardi, D. and Vallini, G. 1996. Effects of compost-derived humic acids on vegetable biomass production and microbial growth within a plant (*Cichorium intybus*)-soil system: a comparative study. Agriculture Ecosystems and Environment. 58: 133-144.

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

393. 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.

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

395. Vivas, A., Barea, J.M., Biro, B. and Azcon, R. 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.

396. 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.

397. 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.

398. Zahir, A.Z., Arshad, M. and Frankenberger, W.F. (Jr.) (2004). Plant growth promoting rhizobacteria: applications and perspectives in agriculture. Advances in Agronomy , 81:97-168.

399. 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.

400. 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.

401. 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.

402. Zaller, J.G., 2007. Vermicompost as a substitute for peat in potting media: Effects on germination, biomass allocation, yields and fruit quality of three tomato varieties. Scientica Horticulturae, 112: 191-199.

403. 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.

404. Zdenka pemuzic, J.P. Brichta., F. Vilella. And Garate, A. 2002. Effect of Vermi Compost and mycorrhizas on the production and Contents of phosphorus and nitrates in lettuce. XXVI th International Horticultural Congress. Toronto. Canada.

405. Zhao, S.W. and Huang, F.Z. 1988. The nitrogen uptake efficiency from N15 labeled chemical fertilizer in the presence of earthworm manure (cast).Advances in management and conservation of soil fauna. In proceedings of the 10th International Soil Zoology Colloquium. Chaoui et al. (Eds.). Banglador, India. H.I.. / Soil Biology & Biochemistry. 35: 295–302.

Abstract
In order to investigate the effect of bio-fertilizers on yield and yield components of corn (*Zea mays* v.single cross 704) an field experiment was conducted as a split-plot factorial based on completely randomized blocks in 1388. The experiment contained 12 treatment in three replications. The main plots and sub-plots contained vermicompost in two levels {application (A_1) and non-application (A_2)} and mycorrhiza inoculation in three levels{non-inoculated (B_1), *Glomus mosseae* (B_2), *Glomus intraradise* (B_3)}, Nitroxin containing nitrogen stabilizer Azotobacter and Azospirillum in two levels {application (C_1) and non-application (C_2)}. The results indicates that using vermicompost caused significant increase in seed yield and yield components on the final harvest in comparison with non-application.Among the mycorrhiza specious, inoculation with *Glomus mosseae* had the most effect on leaf area and plant height and also caused a 12%, 17.3%, 21.9% increase in 100seed weight, seed dry weight and total plant weight respectively.The effect of applying both mycorrhiza specious on the investigated traits was statistically the same. By Nitroxin inoculation leaf area in plant (4691.11cm^2), height (196.21 cm), 100seed weight (30.2g), seed dry weight (25.57 g/per plant) and total plant dry weight (453.46g), significantly increased in comparison with non-inoculation.The interactive of mycorrhiza inoculation and vermicompost and also Nitroxin inoculation and vermicompost on 100seed weight was significant so that applying vermicompost and *Glomus mosseae* (A_2B_2) simultaneously was the most effective component among all the treatmen components wich caused the traits to increase. Plants which received Nitroxin and vermicompost (A_2C_2) simultaneously had better 100seed weight, seed dry weight and total plant weight in comparison with the control treatment.

Key words:Vermicompost, Mycorrhiza, Nitroxin, Corn, Grain yield, Yield components

Shahroud University Of Technology

Faculty Of Agronomy Science

Thesis M.Sc

The effects of Arbuscular Mycorrhizae fungi, Vermicompost and Nitroxin application on yield and yield components of corn (*zea mays L.*)

J. Ahmadi

Supervisors

Dr. A. Gholami

Dr. H.R. Asghari

Advisors

Dr. M. Gholipour

Dr. H. Abasdokht

Spring 2011