بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده کشاورزی

گروه زراعت

بررسی تاثیر اسید هیومیک، ورمی‌کمپوست و باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) بر خصوصیات مورفولوژیک و عملکرد نخود دیم بهاره

اختر ویسی

اساتید راهنما:

دکتر حمیدرضا اصغری

دکتر محمدرضا عامریان

اساتید مشاور:

دکتر عادل سی و سه مرده

مهندس مهدی رحیمی

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

شهریور ۱۳۹۲

پیوست شماره ۲

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده کشاورزی

گروه زراعت

پایان نامه کارشناسی ارشد خانم اختر ویسی

تحت عنوان: بررسی تاثیر اسید هیومیک، ورمی‌کمپوست و باکتری‌های محرک رشد گیاه بر خصوصیات مورفولوژیک و عملکرد نخود دیم بهاره

در تاریخ ۲۰ / ۶ / ۹۴ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مورد ارزیابی و با درجه بسیار خوب مورد پذیرش قرار گرفت.

اسانید راهنما	امضاء	اسانید مشاور	امضاء
نام و نام خانوادگی : دکتر حمیدرضا اصغری		نام و نام خانوادگی : عادل سی و سه مرده	
نام و نام خانوادگی : محمدرضا عامریان		نام و نام خانوادگی : مهندس مهدی رحیمی	

اسانید داور	امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء
نام و نام خانوادگی : دکتر احمد غلامی		نام و نام خانوادگی : دکتر خلیل آزدری	
نام و نام خانوادگی : دکتر مصطفی حیدری			
نام و نام خانوادگی :			
نام و نام خانوادگی :			

تقدیم به

همه آنهایی که دوستشان دارم و مایه امید زندگیم هستند

پدرم، مادرم، برادران و خواهران عزیزم

به ویژه خواهرزاده مهربان و بی مانندم

محمد خسروی

تشکر و قدردانی

سپاس می گویم خداوند منان را که به من نعمت خواندن و نوشتن عطا نمود. در پایان این مرحله از تحصیل بر خود لازم می دانم که از بزرگوارانی که در طی مراحل زندگی و تحصیل یاریم نمودند قدردانی نمایم.

نخست از پدر و مادر گرامی ام تشکر و قدرانی می نمایم. آنان که دعای خیرشان حامی و پشتیبان اینجانب نه تنها در دوران تحصیل بلکه در تمام زندگی ام بود. از برادران و خواهرانم که با قبول مسئولیتهایم در خانواده فرصت تحصیل را برایم فراهم آوردند صمیمانه تشکر و قدردانی می نمایم.

این پایان نامه تحت راهنمائیهای ارزنده و علمی اساتید گرامی ام آقای دکتر حمیدرضا اصغری و آقای دکتر محمدرضا عامریان به سرانجام رسید که در طی انجام این پایان نامه حضوری فعال داشته و بی شک بدون مساعدت و یاری ایشان انجام این تحقیق محال بوده است لذا از محبت های بی دریغ آنان صمیمانه سپاسگزارم. از اساتید مشاور پایان نامه آقای دکتر عادل سی و سه مرده و آقای مهندس رحیمی به سبب راهنمائیهای علمی شان تشکر و قدردانی می نمایم.

از مسئول آزمایشگاه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه رازی کرمانشاه آقای امیری و همچنین دوستان عزیز و مهربانم خانم ها هدیه زمردی و انیسه قزلباش به سبب همیاریشان تشکر و قدردانی می نمایم.

آرزوی سربلندی را برای همه دارم.

اختر ویسی

شهریور ۱۳۹۲

تعهد نامه

اینجانب **اختر ویسی** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته **اگرواکولوژی** دانشکده **مهندسی کشاورزی** دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه **بررسی تاثیر اسید هیومیک، ورمی‌کمپوست و باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) بر خصوصیات مورفولوژیک و عملکرد نخود دیم بهاره** تحت راهنمائی **دکتر حمیدرضا اصغری و دکتر محمدرضا عامریان** متعهد می شوم .

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

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

تاریخ ۱۳۹۲/۸/۵

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

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

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

چکیده

در سال‌های اخیر بحران آلودگی‌های زیست محیطی، که زنجیره‌وار به منابع روزمره انسان‌ها راه یافته، سلامت جوامع انسانی را مورد تهدید قرار داده است. همچنین استفاده ویژه از مواد شیمیایی در کشاورزی به دلیل اثرات سوء آنها بر میکروارگانیسم‌های خاک ممکن است منجر به کاهش حاصخیزی خاک شود. در این رابطه تلاش‌های گسترده‌ای به منظور یافتن راهکارهای مناسب برای بهبود کیفیت خاک و محصولات کشاورزی، حذف آلاینده‌ها با روش‌های زیست‌پالایی و حفظ پایداری اکوسیستم‌های طبیعی آغاز شده است، یکی از روش‌ها بکاربردن کودهای آلی و کودهای زیستی می‌باشد. این پژوهش به منظور بررسی کاهش استفاده از نهاده‌های شیمیایی، همگام با تلاش جهت افزایش عملکرد گیاه نخود (*Cicer arietinum*) انجام شد. در این تحقیق اثر کودهای آلی و زیستی ورمی‌کمپوست در ۲ سطح (۰ و ۶ تن در هکتار)، اسید هیومیک در ۳ سطح (۰، ۸ و ۱۶ کیلوگرم در هکتار) و باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) در ۲ سطح (عدم تلقیح و تلقیح) به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار بر خصوصیات مورفولوژیک و عملکرد دانه نخود رقم کابلی بررسی شد. آزمایش در مزرعه‌ای در نزدیک شهرستان جوانرود واقع در استان کرمانشاه در بهار سال ۱۳۹۱ اجرا گردید. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل ورمی‌کمپوست و PGPR بر وزن خشک اندام‌های هوایی گیاه در مراحل رشد رویشی و برداشت، وزن خشک کاه و کلش در مرحله برداشت، وزن خشک دانه، وزن صددانه، و عملکرد دانه در سطح احتمال ۵ و ۱٪ معنی‌دار است در حالی که اسید هیومیک اثر معنی‌داری بر این صفات نداشت. اثر متقابل ورمی‌کمپوست و اسید هیومیک بر تعداد گره‌های تشکیل شده در ریشه و اثر متقابل اسید هیومیک و PGPR بر وزن صددانه در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار گردید. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که اثرات ترکیبی کودها باعث کاهش صفات مذکور شده است ولی تیمار ورمی‌کمپوست بدون کاربرد PGPR باعث افزایش صفات شد. تیمار PGPR بدون کاربرد دو کود دیگر هیچ اثر معنی‌داری

نداشت. البته کودهای ورمی‌کمپوست و PGPR بطور جداگانه دارای اثر معنی‌داری بر میزان فسفرقابل جذب خاک بودند و باعث افزایش مقدار این عنصر شدند.

نتایج این پژوهش بیانگر اثر بهتر کود ورمی‌کمپوست نسبت به کود اسید هیومیک و تیمار PGPR بر گیاه نخود می‌باشد. وجود اثرات منفی متقابل ممکن است مربوط به شرایط خاک مانند آهکی بودن یا شرایط کشت مانند دیمکاری باشد.

مقالات مستخرج:

ویسی، ا.، اصغری، ح.ر.، عامریان، م.ح.، سی و سه مرده، ع. و رحیمی، م.، ۱۳۹۱. تاثیر برخی کودهای آلی و زیستی بر بیوماس و عملکرد دانه نخود دیم بهاره در منطقه جوانرود. دومین همایش ملی مدیریت کشاورزی، دانشگاه آزاد جهرم. ۵۰۰-۵۰۱ .

ویسی، ا.، اصغری، ح.ر.، عامریان، م.ح.، سی و سه مرده، ع. و رحیمی، م.، ۱۳۹۲. تاثیر برخی کودهای آلی و زیستی بر عملکرد و اجزاء عملکرد دانه نخود دیم بهاره در منطقه جوانرود. ششمین همایش یافته‌های پژوهشی کشاورزی. دانشگاه کردستان، ۱-۳.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه و کلیات.....۱

۱-۱- مقدمه.....۲

۱-۲- دیمکاری و اهمیت آن در ایران.....۹

۱-۳- حبوبات و ارزش غذایی آنها.....۱۰

۱-۴- نخود و گیاه شناسی آن.....۱۱

۱-۵- کودهای زیستی.....۱۳

۱-۵-۱- تاریخچه استفاده از کودهای زیستی.....۱۴

۱-۵-۲- باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR).....۱۶

۱-۶- کودهای آلی.....۱۸

۲-۶-۱- ورمی‌کمپوست.....۱۹

۲-۶-۲- مواد هیومیک.....۲۰

۱-۶-۲-۱- اسید هیومیک.....۲۱

فصل دوم: بررسی منابع.....۲۲

۲-۱- اکولوژی نخود.....۲۳

۲-۲- نیاز غذایی نخود.....۲۳

۲-۳- تاثیر باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) بر رشد و صفات گیاهان زراعی.....۲۴

۲-۳-۱- تاثیر ریزوبیوم‌ها بر رشد و صفات گیاهان زراعی.....۲۵

۲-۳-۲- تاثیر آزوسپیریلوم‌ها بر رشد و صفات گیاهان زراعی.....۲۷

۲-۳- ۳- تاثیر سودوموناس‌ها بر رشد و صفات گیاهان زراعی.....۲۹

۲-۴- تاثیر ورمی‌کمپوست بر رشد و صفات گیاهان زراعی.....۳۲

۲-۵- تاثیر اسید هیومیک بر رشد و صفات گیاهان زراعی.....۳۴
۲-۶- اثر متقابل ورمی‌کمپوست و PGPR بر رشد و صفات گیاهان زراعی.....۳۶
۲-۷- اثر متقابل ورمی‌کمپوست و اسید هیومیک بر رشد گیاهان زراعی.....۳۷
۲-۸- اثر متقابل PGPR و اسید هیومیک بر خصوصیات میکروبی و شیمیایی خاک.....۳۸
۲-۹- اثر تلقیح ترکیبی PGPR مختلف بر رشد و صفات گیاهان زراعی.....۳۹
۲-۱۰- اثرات ورمی‌کمپوست و PGPR بر میزان فسفر خاک.....۴۰
۲-۱۰-۱- اثر ورمی‌کمپوست بر میزان فسفر خاک.....۴۰
۲-۱۰-۲- اثر PGPR بر میزان فسفر خاک.....۴۲
فصل سوم : مواد و روش‌ها.....۴۴
۳-۱- نوع طرح آزمایشی.....۴۵
۳-۲- تیمارهای آزمایشی.....۴۵
۳-۲-۱- ورمی‌کمپوست.....۴۵
۳-۲-۲- باکتری‌های محرک رشد گیاه(PGPR).....۴۶
۳-۲-۳- اسید هیومیک.....۴۶
۳-۳- بذر مورد استفاده.....۴۶
۳-۴- زمان اجرای طرح آزمایشی و ویژگی‌های جغرافیایی محلی آن.....۴۷
۳-۵- ویژگی‌های خاکشناسی محل.....۴۷
۳-۶- نقشه و چگونگی اجرای طرح.....۴۹
۳-۷- زمان و نحوه نمونه برداری‌ها.....۵۰
۳-۸- عملیات داشت.....۵۰
۳-۹- صفات مورد مطالعه در آزمایش.....۵۰
۳-۹-۱- وزن خشک اندام‌های هوایی بوته.....۵۱

۳-۹-۲- تعداد گره تشکیل شده در سیستم ریشه..... ۵۱
۳-۹-۳- ارتفاع بوته..... ۵۱
۳-۹-۴- تعدا غلاف در بوته..... ۵۱
۳-۹-۵- تعداد دانه در غلاف..... ۵۲
۳-۹-۶- تعداد دانه در بوته..... ۵۲
۳-۹-۷- وزن خشک دانه..... ۵۲
۳-۹-۸- وزن خشک غلاف..... ۵۲
۳-۹-۹- وزن خشک کاه و کلش..... ۵۲
۳-۹-۱۰- وزن صد دانه..... ۵۲
۳-۹-۱۱- عملکرد دانه در هکتار..... ۵۳
۳-۹-۱۲- فسفر خاک..... ۵۳
۳-۱۰- روش اندازه گیری فسفر خاک..... ۵۳
۳-۱۱- روش تجزیه و تحلیل داده‌ها..... ۵۵
فصل چهارم: نتایج و بحث..... ۵۶
۴-۱- وزن خشک کل بوته..... ۵۷
۴-۲- ارتفاع بوته..... ۶۳
۴-۳- وزن خشک کاه و کلش..... ۶۴
۴-۴- وزن خشک غلاف..... ۶۵
۴-۵- وزن خشک دانه..... ۶۵
۴-۶- تعداد غلاف در بوته..... ۶۶
۴-۷- تعداد دانه در غلاف..... ۶۷
۴-۸- تعداد دانه در بوته..... ۶۸

۴-۹- وزن صد دانه.....۶۸

۴-۱۰- عملکرد دانه در هکتار.....۷۱

۴-۱۱- تعداد گره تشکیل شده در سیستم ریشه.....۷۳

۴-۱۲- فسفر خاک.....۷۴

نتیجه گیری کلی.....۷۷

پیشنهادات.....۷۹

منابع.....۸۴

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۴- اثر متقابل ورمی‌کمپوست و باکتری‌های محرک رشد بر وزن خشک بوته در مرحله اوایل گلدهی.....۵۷

شکل ۲-۴- اثر متقابل ورمی‌کمپوست و باکتری‌های محرک رشد بر وزن خشک بوته در مرحله برداشت.....۵۸

شکل ۳-۴- اثر سطوح فاکتور اصلی B (باکتری‌های محرک رشد) بر وزن خشک کل در مرحله گلدهی کامل.....۶۰

شکل ۴-۴- تاثیر باکتری‌های محرک رشد بر روند تغییرات وزن خشک بوته.....۶۲

شکل۴-۵- اثر متقابل ورمی‌کمپوست و باکتری‌های محرک رشد بر وزن خشک کاه و کلش در مرحله برداشت.....۶۴

شکل۴-۶-اثر متقابل ورمی‌کمپوست و باکتری‌های محرک رشد بر وزن خشک دانه در مرحله برداشت.....۶۶

شکل ۴-۷- اثر متقابل ورمی‌کمپوست و باکتری‌های محرک رشد بر وزن صد دانه.....۶۸

شکل ۴-۸- اثر متقابل باکتری‌های محرک رشد و سطوح اسید هیومیک بر وزن صد دانه.....۶۹

شکل ۴-۹- اثر متقابل ورمی‌کمپوست و باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد دانه در هکتار.....۷۱

شکل ۴-۱۰- اثر متقابل ورمی‌کمپوست و اسید هیومیک بر تعداد گره تشکیل شده در ریشه در مرحله اوایل گلدهی.....۷۳

شکل ۴-۱۱- اثر سطوح فاکتور اصلی A (ورمی‌کمپوست) بر میزان فسفر خاک.....۷۴

شکل ۴-۱۲- اثر سطوح فاکتور اصلی B (باکتری‌های محرک رشد) بر میزان فسفر خاک.....۷۵

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۱-۳ ویژگی‌های ورمی‌کمپوست مورد استفاده.....۴۵

جدول ۲-۳ وضعیت هوا شناسی در دوره اجرای طرح (سال ۱۳۹۱).....۴۷

جدول ۳-۳ ویژگی‌های خاکشناسی خاک محل کشت.....۴۸

جدول ۴-۳ نقشه طرح آزمایشی مورد استفاده.....۴۹

جدول ۱-۴- جدول تجزیه واریانس وزن خشک اندام‌های هوایی بوته در مراحل مختلف رشد گیاه نخود.....۸۰

جدول ۲-۴- جدول تجزیه واریانس ارتفاع بوته، وزن خشک غلاف و دانه باهم، وزن دانه، وزن خشک غلاف، و خشک کاه و کلش.....۸۱

جدول ۳-۴-جدول تجزیه واریانس تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته، وزن صد دانه، عملکرد در هکتار.....۸۲

جدول ۴-۴-جدول تجزیه واریانس وزن خشک ریشه، تعدا گره تشکیل شده بر ریشه و میزان فسفر خاک.....۸۳

فصل اول

مقدمه و کلیات

۱-۱- مقدمه

کشاورزی در نیمه دوم قرن بیستم، در برآورد نیازهای روزافزون انسان به غذا بسیار موفق عمل کرده است. عملکرد محصولات زراعی اصلی مانند گندم و برنج به طور چشم‌گیری افزایش و قیمت مواد غذایی کاهش یافته و به طور کلی سرعت افزایش تولید غذا از نرخ رشد جمعیت پیشی گرفته و گرسنگی مزمن تقلیل یافته است. این توفیق در تولید مواد غذایی اساسا به دلیل نوآوری‌های تکنولوژیکی و پیشرفت‌های علمی از جمله اصلاح واریته‌های گیاهی جدید، استفاده از کودهای شیمیایی و آفت‌کش‌ها و توسعه سازه‌های آبیاری بوده است. البته با وجود این موفقیت‌ها، نظام جهانی تولید غذا در حال گسستن بسیاری از زیربناها و پایه‌هایی است که خود بر آنها استوار می‌باشد. فن‌آوری‌ها، نوآوری‌ها، عملیات و سیاست‌هایی که سبب افزایش تولید بوده‌اند، اساس بهره‌وری و تولید را در معرض نابودی قرار داده‌اند. این خط و مشی موجب بهره‌برداری بیش از حد و تخریب منابع طبیعی (خاک، منابع آب، و تنوع ژنتیکی) که کشاورزی به آنها متکی است، شده و بعلاوه موجبات وابستگی به سوخت‌های فسیلی غیر قابل تجدید را فراهم کرده است. به طور خلاصه کشاورزی نوین ناپایدار است و نمی‌تواند در دراز مدت غذای کافی برای جمعیت جهان تولید کند. کشاورزی رایج بر اساس دو هدف در ارتباط باهم یعنی؛ به حداکثر رساندن توام تولید و درآمد بنا نهاده شده است. به منظور دست‌یابی به این اهداف مجموعه‌ای از عملیات، بدون توجه به علت وجودی و پیامدهای درازمدت آنها و بدون در نظر گرفتن پویایی بوم‌شناختی اکوسیستم‌های زراعی تکامل یافته‌اند. شش عملیات عمده زراعی شامل شخم فشرده، تک کشتی، آبیاری، کاربرد کودهای شیمیایی، کنترل شیمیایی آفات و دستکاری‌های ژنتیکی گیاهان زراعی، ارکان کشاورزی جدید را تشکیل می‌دهند. هر یک از این عملیات به خاطر سهم خاص آن در تولید مورد استفاده قرار می‌گیرند. این مجموعه عملیات، نظامی را تشکیل می‌دهند که در آن هر یک وابسته به دیگری بوده و ضرورت کاربرد سایر عملیات را تحمیل می‌کند. (نصیری محلاتی و همکاران، ۱۳۸۰).

در سال‌های اخیر بحران آلودگی‌های زیست محیطی، به ویژه آلودگی منابع خاک و آب که زنجیره‌وار به منابع روزمره انسان‌ها راه یافته، سلامت جوامع انسانی را مورد تهدید قرار داده است (محمدی و همکاران، ۱۳۸۹). بعلاوه استفاده ویژه از مواد شیمیایی در کشاورزی به دلیل اثرات سوء آنها بر میکرو ارگانیسم‌های خاک ممکن است منجر به کاهش حاصلخیزی خاک شود (وردنلی و همکاران، ۲۰۱۲). در این رابطه تلاش‌های گسترده‌ای به منظور یافتن راهکارهای مناسب برای بهبود کیفیت خاک و محصولات کشاورزی، حذف آلاینده‌ها با روش‌های زیست پالایی و حفظ پایداری اکوسیستم‌های طبیعی آغاز شده است (محمدی و همکاران، ۱۳۸۹)، بنابراین هدف اصلی کشاورزی پایدار که به وجود آمدن آن برای حیات انسانی یک ضرورت است، کاهش نهاده‌های مصرفی، افزایش چرخه داخلی عناصر غذایی خاک از طریق کاهش خاک‌ورزی و استفاده از کودهای آلی و زیستی بجای کودهای شیمیایی در جهت افزایش عملکرد محصولات کشاورزی و تولید غذای بیشتر است (کوچکی و همکاران، ۲۰۰۸).

حبوبات پس از غلات یکی از مهمترین منابع پروتئینی در رژیم غذایی بسیاری از مردم کشورهای در حال توسعه می‌باشند، و خصوصیت منحصر به فرد نگهداری و بازگرداندن حاصلخیزی خاک از طریق تثبیت بیولوژیکی N_2، همچنین حفاظت و بهبود خواص فیزیکی خاک به موجب سیستم ریشه‌ای عمیق خود و ریزش برگ را دارند. حبوبات زراعی مقدار مناسبی نیتروژن را به خاک اضافه می‌کنند (وانی و همکاران، ۲۰۰۸). لگوم‌های دانه‌ای منبع عمده پروتئین در مواد غذایی انسان و حیوان هستند و نقش کلیدی در تناوب زراعی در بیشتر قسمت‌های جهان بازی می‌کنند. هنگامی که در تناوب با دیگر محصولات زراعی رشد می‌کنند، می‌توانند حاصلخیزی خاک را بهبود دهند و گسترش علف‌های هرز، بیماری‌ها و آفات را کاهش دهند.. نخود یکی از حبوبات عمده زراعی در سراسر جهان است. این گیاه زراعی در مقیاس بزرگی در مناطق خشک و نیمه خشک کاشته می‌شود، و اهمیت قابل توجهی بعنوان غذا، خوراک و علوفه دارد (رومدهان و همکاران، ۲۰۰۹). در کشور ما نیز از دیر باز تاکنون همواره این گیاهان زراعی پس از غلات بعنوان دومین منبع مهم غذایی مطرح

بوده‌اند. در میان حبوبات نخود بعنوان یک منبع سرشار از پروتئین گیاهی بوده که بیش از نیمی از سطح زیر کشت حبوبات را در کشور به خود اختصاص داده و میانگین عملکرد آبی و دیم آن به ترتیب در حدود ۱۰۰۰ و ۵۰۰ کیلوگرم در هکتار است (علیمددی و همکاران، ۱۳۸۹). در ایران در استان‌های آذربایجان شرقی و غربی، کرمانشاه، کردستان، فارس، قزوین، کرمان، لرستان و مرکزی کشت می‌شود (مجنون حسینی، ۱۳۸۷). معمولا" به ۳ تا ۵ ماه زمان برای رسیدن احتیاج دارد. بهترین شرایط آب و هوایی برای آن در کشور نقاط معتدله سردسیر می‌باشد (کریمی، ۱۳۶۸). نخود نسبت به خیلی از گیاهان زراعی از جمله حبوبات دارای مزایا و سودمندی‌هایی است. از جمله، سازگاری زیاد در دامنه وسیعی از خاک‌ها، سازگاری به انواع pH، قدرت تثبیت ازت و اضافه نمودن منبع ارزانی از ازت به خاک، سازگاری کشت آن در مناطق خشک و نیمه خشک و تولید زیاد نسبی آن در مناطقی با بارندگی کم (مجنون حسینی، ۱۳۸۷). تناوب نخود در مناطق دیم بصورت غلات- نخود- آیش است.

ورود کودهای زیستی به عرصه کشاورزی پایدار، گام بزرگی در مسیر این عرصه می‌باشد. کودهای زیستی مواد نگهدارنده با انبوه متراکم یک یا چند نوع ریزجاندار مفید خاک‌زی و یا به صورت فرآورده متابولیک آنها می‌باشند که در ناحیه اطراف ریشه و یا بخش‌های داخلی گیاه تشکیل کلونی داده و رشد گیاه میزبان را با روش‌های مختلف تحریک می‌کنند (حاجیلو و همکاران، ۱۳۸۹).

بخشی از استراتژی کشاورزی پایدار پیدا کردن تکنولوژی‌هایی است که عملکرد گیاهان زراعی را افزایش داده و استفاده از کودهای شیمیایی را کاهش می‌دهند (گارسیا دی سالامون، ۲۰۱۰). یکی از ارکان اساسی درکشاورزی پایدار استفاده از کودهای زیستی در اکوسیستم‌های زراعی با هدف حذف یا کاهش قابل ملاحظه در مصرف نهاده‌های شیمیایی است. کودهای زیستی فقط به مواد آلی حاصل از بقایای گیاهی، کود سبز و غیره اطلاق نمی‌شود، بلکه ریزجانداران باکتریایی و قارچی بویژه، ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) (PGPR) و مواد

حاصل از آنها از جمله مهمترین کودهای زیستی محسوب می‌شوند. استفاده از PGPR بعنوان کود زیستی از پتانسیل مصرف بالایی برای انواع مختلف گیاهان زراعی و دامنه وسیعی از شرایط اقلیمی و شرایط خاکی برخوردار است (محمدی و همکاران، ۱۳۸۹). از جمله PGPR می‌توان به باکتری‌های جنس‌های *Rhizobium*، *Azospirillum* و *Pseudomonas* که در سال‌های اخیر استفاده از آنها گسترش یافته است، اشاره کرد.

نقش باکتری‌های ریزوبیومی در تامین نیتروژن مورد نیاز گیاه سال‌هاست که به اثبات رسیده است این باکتری‌ها از خاک منشا می‌گیرند، اغلب در خاک حضور فعال دارند، لیکن در بسیاری موارد کمیت و کیفیت آنها در حد مطلوب نبوده و به همین دلیل استفاده از مایه تلقیح ضرورت پیدا می‌کند. با استفاده از تلقیح ریزوبیومی در زراعت نخود دیگر نیازی به مصرف ریزمغذی‌ها نمی‌باشد (توشیح و همکاران، ۱۳۸۶). محققان اثر انواع باکتری‌های ریزوبیومی را بر روی گیاهان لگوم بررسی کرده و به این نتیجه رسیده‌اند که این باکتری‌ها علاوه بر تثبیت بیولوژیک نیتروژن، عامل تولید موادی هستند که می‌توانند کمیت و کیفیت محصول را ارتقاء دهند. و از طرف دیگر نشان داده‌اند که در سطوح مختلف مصرف کود ازته، سهم کل ازت جذب شده از راه تثبیت توسط باکتری‌ها کاهش می‌یابد (توشیح و همکاران، ۱۳۸۶).

باکتری‌های جنس *Azospirillum* رابطه همیاری با گیاه میزبان دارند و از مهمترین باکتری‌های محرک رشد هستند که علاوه بر تثبیت زیستی نیتروژن و محلول کردن فسفر خاک، با تولید قابل ملاحظه هورمون‌های محرک رشد بویژه انواع اکسین، جیبرلین و سیتوکینین رشد و نمو گیاهان زراعی را تحت تاثیر قرار می‌دهند (محمدی و همکاران، ۱۳۸۹). تلقیح با *Azospirillum* علاوه بر کاهش مصرف کودهای نیتروژنه، حدود ۳۰ تا ۵۳ درصد افزایش محصول را موجب می‌شود. در گیاهان تلقیح شده با *Azospirillum* تعداد و طول ریشه‌های فرعی و تارهای کشنده افزایش می‌یابد و ارتفاع گیاه و میزان جذب عناصر غذایی بیشتر می‌شود (میرشکاری و همکاران، ۱۳۸۸).

باکتری‌های *Pseudomonas* از مهمترین PGPR به حساب می‌آیند. نقش اصلی این باکتری‌ها در بهبود رشد گیاه، بطور غیرمستقیم و از طریق توان آنها در حذف عوامل بیماری‌زا از حوزه فعالیت سیستم ریشه‌ای عنوان شده است. برخی از سویه‌های گونه سودوموناس فلورسنس *Pseudomonas fluorscens* می‌توانند از طریق تولید فاکتورهای محرک رشد گیاه بطور مستقیم نیز در افزایش رشد گیاه موثر واقع شوند (ریحانی‌تبار و همکاران، ۱۳۸۱). استفاده از برخی نژادهای باکتری *Pseudomonas fluoscens* برای کنترل بیماری‌های پوسیدگی بذر و مرگ گیاهچه نخود ایرانی و نخود فرنگی، پاخوره گندم، بوته میری خیار و پوسیدگی سیاه ریشه توتون با موفقیت همراه بوده است (ریحانی تبار و همکاران، ۱۳۸۲).

نتایج تحقیقات مختلف در کشاورزی پایدار نشان داده است که استفاده از کودهای آلی نقش مثبتی را در افزایش عملکرد گیاهان زراعی داشته است. مصرف کودهای آلی به‌واسطه فراهمی زیستی فسفر و بیشتر عناصر غذایی کم‌مصرف، سبب افزایش رشد و عملکرد گیاهان می‌شود. رفع کمبود عناصر غذایی کم‌مصرف به وسیله مواد آلی، به علت قدرت کمپلکس کنندگی این مواد عنوان شده است (اقبال و همکاران، ۲۰۰۴). اگرچه کودهای آلی از نظر تعدادی از عناصر غذایی از جمله آهن فقیر هستند، ولی این کودها می‌توانند قابلیت جذب عناصر فلزی مانند آهن را در خاک افزایش دهند (اشرفی، ۱۳۸۰). آسیب‌های زیست محیطی و تغییر بافت شیمیایی، فیزیکی و بیولوژیکی خاک‌ها و مشکلات بهداشتی، دلایل مهم بازگشت به مصرف کودهای آلی در قالب کشاورزی آلی یا ارگانیک بوده است (حاجیلو و همکاران، ۱۳۸۹).

ورمی‌کمپوست که از کودهای آلی محسوب می‌شود به عنوان منبع مفیدی برای زیست‌پالایی خاک و بهبود محتوای کربن و حاصلخیزی خاک پیشنهاد شده است. همچنین نشان داده شده است که علاوه بر بهبود ماده آلی، باعث افزایش تجزیه آفت‌کش‌ها در نتیجه معرفی جمعیت‌های میکروبی غیربومی که تجزیه زیستی را تحریک می کنند، می‌گردد (وردنلی و همکاران، ۲۰۱۲). کرم‌های خاکی

تاثیر معینی بر روی فسفر دارند و قادر به افزایش قابلیت دسترسی فسفر برای گیاهان در نتیجه کارکرد دستگاه گوارش خود هستند. آنها میزان انتقال و مواد آلی را افزایش می دهند و تنوع میکروبی را زیاد و فعالیت آنها را گسترش می‌دهند. ورمی‌کمپوست غنی شده با سنگ فسفات فراهمی دسترسی زیستی فسفر را نشان داده و منجر به افزایش عملکرد و جذب مواد غذایی در لوبیای چشم بلبلی شده است (باساتو و همکاران، ۲۰۱۲).

یکی از کودهای آلی مورد استفاده در کشاورزی پایدار، مواد هیومیک می‌باشند که ترکیبات اصلی مواد آلی طبیعی موجود در خاک می‌باشند. این ترکیبات در حدود ٪۸۰- ۷۰ مواد آلی خاک را در خاک‌های کشاورزی تشکیل می‌دهند (مارو و همکاران، ۲۰۱۲). همچنین مطالعات متعددی توانایی مواد هیومیک به دست آمده از منشاءهای متفاوت را برای تغییر رشد، مورفولوژی و ساختمان ریشه گزارش کرده‌اند (دوبس و همکاران، ۲۰۱۰). علاوه‌براین مواد هیومیک نقش خیلی مهمی در حاصلخیزی خاک و محیط اکولوژیکی بازی می‌کنند زیرا سهم بزرگی در خواص خاک‌های گوناگون شامل ساختار و ثبات ساختاری خاک، نفوذپذیری نسبت به آب و هوا، ظرفیت نگهداری آب، فعالیت بیولوژیکی، قابلیت دسترسی مواد غذایی، بافرینگ pH، ظرفیت تبادل کاتیونی، جداسازی کربن و تعامل با آلاینده‌ها دارند (گونزالس-پریز و همکاران، ۲۰۱۰).

اسیدهای هیومیک که به طور گسترده به عنوان جایگزینی برای مواد آلی خاک بکار می‌روند، ترکیب اصلی استخراج شده از مواد هیومیک هستند (بورمن و همکاران، ۲۰۰۹). اسید هیومیک از همه موجودات زنده و بخصوص گیاهان در مقابل انواع استرس‌های فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی حمایت می‌کند. این ترکیب مواد آلی بطور طبیعی در همه خاک‌های کشاورزی وجود دارد. اما روش‌های غلط کشاورزی میزان و کارایی آن را در خاک‌های کشاورزی بشدت کاهش داده است. کودهای شیمیایی از توانایی‌های اسید هیومیک می‌کاهد و سموم گوناگون به تولید آن آسیب

می‌رساند. بعلاوه روش‌های نادرست خاک‌ورزی به شسته شدن این مواد مفید از خاک منجر می‌شود (داعی و سرداری مهرآباد، ۱۳۸۹).

دیمکاری به معنی کشت بدون آبیاری است و زراعتی گفته می‌شود که با آب باران رشد و نمو نماید. کلمه دیم از زمان‌های قدیم بین مردم ایران بکار برده شده و از آن به مفهوم هر چیزی که رها شده و خارج از کنترل باشد، یاد شده است و در فرهنگ‌های فارسی نیز زراعتی که از باران، آب خورده، معنی شده است.

از آنجایی که کشور ما در مناطق خشک و نیمه خشک جهان واقع گردیده است، لذا دارای آب لازم جهت انجام عملیات کشاورزی نمی‌باشد. به همین دلیل در بسیاری از مناطق مانند استان کرمانشاه زراعت محصولاتی مانند گندم و نخود به صورت دیم صورت می‌گیرد. مناطق غرب ایران، بویژه استان کرمانشاه از مناطق عمده تولید نخود می‌باشند و بیشتر کشت آن در این مناطق بصورت دیم است، به همین سبب از دیر باز تقریبا تنها تناوب زراعی که در این مناطق صورت می‌گیرد، تناوب گندم- نخود است. اما بدلیل اینکه عملکرد اقتصادی نخود پائین بوده، اکثر کشاورزان، بخصوص کشاورزان خرده مالک از انجام این تناوب خودداری کرده و کشت پی در پی گندم را در سال‌های متوالی ترجیح می‌دهند. که با استفاده از مصرف بیش از حد کودها و سایر نهاده‌های شیمیایی می‌باشد. بنابراین اگر بتوان با استفاده از کودهای آلی و زیستی عملکرد نخود را افزایش داد، ممکن است کشت این محصول بیشتر رواج پیدا کرده، از مصرف بی رویه نهاده‌های شیمیایی و هزینه‌های بالای آنها جلوگیری شود. با توجه به تحقیقات انجام گرفته، اثرات بیان شده مثبت کودهای آلی و زیستی، اثرات مضر کودهای شیمیایی و نیز عملکرد پایین نخود در ایران، نیاز به مطالعات بیشتری برای بررسی چگونگی افزایش عملکرد و جایگزینی کودهای آلی و زیستی مناسب با شرایط خاکی هر منطقه بجای کودهای شیمیایی و نیز پیشبرد کشاورزی پایدار وجود دارد. لذا در این پایان‌نامه، بررسی

اثرات متقابل ورمی‌کمپوست، باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) و اسید هیومیک بر خصوصیات مورفولوژیک و عملکرد نخود دیم، به همین منظور صورت گرفته است.

۱-۲- دیمکاری و اهمیت آن در ایران

دیمکاری یا Dry Farming که آن را Dryland farming هم می‌گویند، نوعی کشت محصولات مختلف بدون آبیاری است که در مناطقی با میزان بارندگی محدود رایج است. یا به عبارتی، شرایطی از کشت است که گیاه به آب باران وابسته است و احتمال وقوع تنش رطوبتی در مراحلی از رشد وجود دارد. در ایران هیچگاه لازمه دیمکار بودن آشنایی با اصول کشاورزی و بخصوص دیمکاری مورد نظر نبوده و دیمکاری بعنوان فعالیتی جنبی محسوب شده که صاحبان حرفه‌های مختلف و خوشنشینان روستایی قسمتی از وقت خود را به آن اختصاص داده‌اند. در حالی که این رشته عظیم از زراعت به خصوص در کشور ما بایستی از اهمیت و منزلت خاصی برخوردار باشد. سطح زیر کشت دیم در ایران بین ۱۰ تا ۱۲ میلیون هکتار برآورد شده است که سالیانه حدود نصف آن کشت (بیشتر گندم و به میزان کمتری جو) و بقیه به مدت یک تا سه سال آیش گذاشته می‌شود. تولیدات کشاورزی ما بسیار کمتر از احتیاجات ماست و برای تولید بیشتر، آب کنترل شده کافی نداریم. اینجاست که اهمیت و ضرورت دیمکاری بیشتر جلب توجه می‌کند، که باید با بالا بردن دانش کشاورزی و اعمال مدیریت صحیح افزایش تولید در واحد سطح داشته باشیم و اگر آب برای همه زمین‌های زراعی نداریم، حداقل باید از آب‌های موجود حداکثر استفاده را نموده و احتیاجات سالانه خود را مرتفع سازیم و در عین حال لازم است که برای دیمکاری ارزش و اهمیت ویژه‌ای قائل شویم زیرا با استفاده از تکنیک‌های پیشرفته و شیوه‌های صحیح دیمکاری خواهیم توانست تولیدات کشاورزی خود را تا حد قابل ملاحظه‌ای افزایش دهیم. یکی از مسائل اساسی دیگر در دیمکاری رعایت تناوب زراعی است که باید مورد توجه کافی واقع شود (رستگار، ۱۳۸۷).

۱-۳- حبوبات و ارزش غذایی آنها

لگوم از کلمه لاتین Legumen منشاء گرفته و به معنای بذرهایی است که در داخل غلاف یا نیام تشکیل می‌شوند. اصطلاح لگوم خوراکی برای غلاف های نارس حبوبات و همچنین بذرهای خشک و خوراکی گیاهان خانواده لگومینوز یا بقولات به کار می‌رود. کلمه لگوم طبق تعریف سازمان خوار و بار و کشاورزی جهانی (FAO) برای همه بقولات بذری و خوراکی که مقدار کمی چربی دارند، مانند لوبیای معمولی، نخود، باقلا، عدس، نخود فرنگی و غیره به کار می‌رود. آن‌دسته از بقولات که مقدار چربی نسبتا بالایی در بذرشان وجود دارد، مانند بادام زمینی و سویا، لگوم‌های روغنی نامیده می‌شوند. به گونه‌های علفی آنها که به مصرف خوراک دام می‌رسند، مانند یونجه، شبدر و غیره لگوم علوفه‌ای گفته می‌شود (مجنون حسینی، ۱۳۸۷).

حبوبات یا بنشن از منابع مهم غذایی سرشار از پروتئین برای تغذیه انسان و دام به شمار می‌رود. در تغذیه انسان حدود ۳۲٪ پروتئین گیاهی، ۳۲٪ چربی و ۷٪ کربوهیدرات از حبوبات تامین می‌گردد. همین طور در تغذیه دام ۳۸٪ پروتئین گیاهی، ۱۶٪ چربی و ۵٪ کربوهیدرات از این منبع تامین می‌شود. دانه حبوبات با دارا بودن حدود ۳۲-۱۸٪ پروتئین در مقایسه با پروتئین‌های حیوانی در رژیم غذایی مردم، بخصوص افراد کم درآمد، از نقطه نظر تغذیه‌ای اهمیت بسیار دارند و تحت عنوان گوشت فقرا نامیده می‌شوند. حبوبات ویژگی‌های دیگری نیز دارند و در اکوسیستم‌های کشاورزی جهان در تناوب با سایر گیاهان زراعی و تثبیت نیتروژن جوی در همزیستی با باکتری‌ها بخش عمده‌ای از نیتروژن مورد نیاز گیاهان زراعی بعد از خود را فراهم می‌سازند. هر ساله بعد از برداشت این محصولات با پوسیدن ریشه آنها مقادیر زیادی نیتروژن به خاک افزوده شده و موجبات غنی سازی خاک به ویژه در مناطق کم بازده کشاورزی فراهم می‌شود. حبوبات با داشتن ریشه عمیق خود به شخم بیولوژیکی خاک کمک کرده و قابلیت دستیابی به منابع با ارزش رطوبت خاک را نسبت به سایر گیاهان زراعی دارا می‌باشند. حبوبات به عنوان کود سبز برای تقویت و بهبود وضع فیزیکی زمین نیز می‌توانند مورد

استفاده قرار گیرند. تاریخ استفاده از لگوم‌ها به عنوان گیاهان مرتعی جهت اصلاح خاک به عصر رومی‌ها (۳۷ سال قبل از میلاد) بر می‌گردد. در بین حبوبات سویا، لوبیا و نخود از لحاظ سطح زیر کشت به ترتیب مقام اول تا سوم را دارا هستند (مجنون حسینی، ۱۳۸۷).

۱-۴- نخود و گیاه شناسی آن

نخود معمولی یا زراعی (*Cicer arietinum*) یکی از سه لگوم زراعی مهم در آسیای غربی و آفریقای شمالی است. بقایای کربنه شده آن در منطقه حاسیلار ترکیه مربوط به ۵۴۵۰ سال قبل از میلاد دلالت بر قدمت این گیاه دارد. امروزه نخود زراعی در بیش از ۶۰ کشور و در تمام قاره‌های جهان بجز قطب، کشت و کار می‌شود. مناطق مدیترانه، آسیای مرکزی، غرب آسیا، شبه قاره هند و اتیوپی مراکز تنوع ژنتیکی آن به شمار می‌روند. از گونه‌های جنس *Cicer*، گونه *Cicer arietinum* است که اجداد آن از گونه‌های وحشی محسوب شده و بومی هندوستان می‌باشد (مجنون حسینی، ۱۳۸۷). در زبان فارسی به آن نخود زراعی، نخود سفید، نخود ایرانی، و یا نخود اطلاق می‌شود و در زبان انگلیسی آن را chickpea، fieldpea، garbanzo، gram و benalgram می‌نامند (کوچکی و بنایان اول، ۱۳۷۲). زراعت آن در ایران از زمان‌های بسیار قدیم متداول بوده و به استثنای نواحی شمال، در اکثر نقاط کشور از جمله آذربایجان، فارس و خوزستان به عمل می‌آید. بذرهای رسیده آن را بصورت کامل و یا نصف شده به شکل لپه و یا به صورت آرد شده مصرف می‌کنند. غلاف‌های نارس و برگ‌های تازه آن را بعنوان سبزی مصرف می‌کنند. این گیاه در تغذیه مردم ایران مصرف زیادی دارد (کوچکی و بنایان اول، ۱۳۷۲).

بطور کلی دو فرم نخود در دنیا وجود دارد. صفات مورفولوژیکی در ایجاد تنوع ژنتیکی بین این دو فرم، شکل گیاه و رنگ گل است و هر کدام دارای ارقامی می‌باشند. نخودهای سفید دانه‌های درشت، سطح دانه صاف و رنگ بذر روشن دارند. ارتفاع و حجم بوته در این گروه نخود بلندتر و بزرگتر، سطح برگ‌ها بیشتر، گل‌ها سفید، درصد تشکیل غلاف در کل بوته ۲۸٪ است. هر غلاف ۱-۲

بذر درشت با وزن هزار دانه ۲۶۰-۷۵۰ گرم دارد. نخود کابلی از نوع دانه درشت است که در اغلب نقاط دنیا در بهار کشت می‌شود. نخودهای سیاه یا دسی، دانه‌های ریز، سطح دانه چروکیده و رنگ بذر تیره دارند ارتفاع و حجم بوته در این گروه کوتاه‌تر و کوچک‌تر، سطح برگ‌ها کمتر و گل‌ها ارغوانی رنگ دارند. درصد تشکیل غلاف در کل بوته ۳۷٪ است. نخودهای دانه ریز سازگاری بیشتری به شرایط گرم و خشک و نخودهای دانه درشت به مناطق معتدل سازگاری دارند (مجنون حسینی، ۱۳۸۷). در منطقه دیم مدیترانه نخود بطور کلی در تناوب با گندم یا سبزیجات دیگر جهت افزایش نیتروژن خاک و شکستن چرخه بیماری‌های گیاهان زراعی غلات رشد می‌کند (رادیستی و همکاران، ۲۰۱۲).

نخود گیاهی یکساله به ارتفاع ۲۵ تا ۷۰ سانتیمتر بوده و در سطح کلیه اندام‌های هوایی آن کرک‌های ظریفی وجود دارد که مایعی چسبناک و اسیدی، حاوی ۹۴٪ اسید مالیک و ۶٪ اسید اگزالیک، از آنها تراوش می‌شود. این ویژگی سبب خسارت کمتر شته‌ها و تحمل نخود در برابر کرم پیله‌خوار گزارش شده است. ریشه اصلی نخود قطور و عمودی بوده ممکن است تا عمق ۱-۲ متر در خاک نفوذ نماید. ریشه‌های فرعی باریک‌تر و اکثرا بصورت افقی در خاک گسترش می‌یابند. در روی ریشه‌ها گرهک‌های قلوه‌ای شکل بر اثر فعالیت باکتری‌های *Rhizobiom legominosarum* به وجود می‌آیند که باعث تثبیت ازت می‌شود. گیاه نخود دارای ساقه مستقیم یا زیگزاگ مانند است که شاخه‌های فرعی از قاعده یا وسط آن منشعب می‌شوند. بر اساس زاویه شاخه‌ها با ساقه اصلی عادات رشدی مختلفی در آن دیده می‌شود. تعداد شاخه‌های اصلی از ۱ تا ۸ نوسان دارد و معمولا از گره پنجم تا هفتم ساقه‌های فرعی بوجود می‌آیند (مجنون حسینی، ۱۳۸۷). برگ‌های آن مرکب متناوب که حدود ۵ سانتیمتر طول داشته و دارای ۹ تا ۱۵ جفت برگچه با یک برگچه منفرد در انتها است (کوچکی و بنایان اول، ۱۳۷۲). گلدهی در نخود حدودا ۵۰ روز بعد از سبز شدن گیاهچه‌ها رخ می‌دهد، گل‌های منفرد آن بر روی دمگل نسبتا کوتاهی در محور جانبی برگ‌ها تشکیل می‌شوند. گل‌ها از پنج گلبرگ تشکیل شده‌اند که به رنگ سفید، صورتی یا ارغوانی می‌باشند. گرده‌افشانی آن معمولا قبل از باز شدن گل‌ها صورت گرفته و کاملا خودگشن است (مجنون حسینی، ۱۳۸۷). میوه

نخود غلافی است متورم و پرزدار که حاوی ۱ تا ۲ دانه است. دانه آن به رنگ سفید، کرم، زرد، قرمز، قهوه‌ای و یا سیاه است. سطح دانه در بعضی ارقام صاف و در برخی دیگر چروکیده است. وزن یکصد دانه آن بین ۹ تا ۴۰ گرم متغیر بوده و هر چه رنگ دانه روشن‌تر باشد وزن آن بیشتر است. هر بوته نخود بطور متوسط بین ۵۰ تا ۱۵۰ عدد دانه تولید می‌کند (کوچکی و بنایان اول، ۱۳۷۲).

۱-۵- کودهای زیستی

استفاده از منابع بیولوژیک در کشاورزی دارای قدمت بسیار زیادی است و در گذشته نه چندان دور تمام مواد غذایی مورد مصرف انسان با استفاده از چنین منابع ارزشمندی تولید می شدند. استفاده بهینه از منابع بیولوژیک نه تنها دارای اثرات مثبتی بر خصوصیات خاک می‌باشد بلکه از جنبه‌های اقتصادی، اجتماعی، و زیست محیطی نیز مفیده بوده و می‌تواند جایگزینی مناسبی برای نهاده‌های شیمیایی باشد (جهان و همکاران، ۱۳۸۶).

در نظام‌های کشاورزی پایدار کاربرد کودهای زیستی از اهمیت ویژه‌ای در افزایش تولید و حفظ حاصلخیزی پایدار خاک برخوردار است (حمیدی و همکاران،۱۳۸۹). کودهای زیستی (کود بیولوژیک) به مواد حاصل‌خیزکننده‌ای گفته می‌شود که دارای تعداد کافی از یک یا چند گونه از میکروارگانیسم‌های سودمند خاکزی هستند. کودهای زیستی، میکروارگانیسم‌هایی هستند که قادرند عناصر غذایی خاک را در یک فرآیند زیستی تبدیل به مواد مغذی همچون ویتامین‌ها و دیگر مواد معدنی کرده و به ریشه خاک برساند. مصرف کودهای زیستی کم هزینه‌تر بوده و در اکوسیستم آلودگی به وجود نمی‌آورد. کودهای زیستی مواد نگه‌دارنده میکروارگانیزم‌های سودمند خاک می‌باشند (www.boshraamin.com/?p=1634). مهم‌ترین کودهای زیستی عبارتند از: ۱- تثبیت کننده‌های ازت هوا؛ ۲- قارچ‌های میکوریزی، که با ریشه بعضی از گیاهان ایجاد همزیستی کرده و اثرات مفیدی ایجاد می‌کند؛ ۳- میکرو ارگانیزم‌های حل کننده فسفات، که فسفات نامحلول خاک را به فسفر محلول و قابل جذب گیاه تبدیل می‌کنند؛ ۴- اکسید کننده گوگرد (تیوباسیلوس)، کودی که دارای باکتری

تیوباسیلوس بوده و باعث اکسایش بیولوژیکی گوگرد می‌شود (arashhemati.netpelak.com/post-1271.html). برای داشتن یک سیستم کشاورزی پایدار، استفاده از نهاده‌هایی که جنبه‌های اکولوژیکی سیستم را بهبود بخشند و مخاطرات محیطی را کاهش دهند، ضروری است (کیزیل کایا، ۲۰۰۸). برای بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک می‌توان از مواد آلی مثل کمپوست و ورمی‌کمپوست و نیز میکروارگانیسم‌های بهبود دهنده رشد گیاه استفاده نمود. در بسیاری موارد کاربرد کودهای شیمیایی باعث آلودگی‌های محیطی و صدمات اکولوژیکی می‌شود که خود هزینه تولید را افزایش می‌دهد (مرادی و همکاران، ۱۳۸۸). برای کاهش این مخاطرات باید از منابع و نهاده‌هایی استفاده کرد که علاوه بر تأمین نیازهای فعلی گیاه، به پایداری سیستم‌های کشاورزی در درازمدت نیز منجر شود. بنابراین استفاده از کودهای زیستی و انتخاب بهترین گونه میکروارگانیسم‌ها که بیشترین سازگاری را نسبت به اقلیم منطقه داشته باشد، می‌تواند در پایداری سیستم کشاورزی مفید واقع شود (مرادی و همکاران، ۱۳۸۸). مشکلات زیست محیطی ناشی از کاربرد بی‌رویه کودهای شیمیایی، انرژی و هزینه‌های تولید و مصرف آنها و اثرات سویی که بر چرخه‌های زیستی و خود پایداری بوم نظام‌های زراعی دارند از علل رویکرد به کاربرد کودهای زیستی می‌باشند (کنایان، ۲۰۰۲).

۱-۵-۱- تاریخچه استفاده از کودهای زیستی

پیشینه کاربرد کودهای زیستی به قدمت آغاز کشاورزی بوده و بکارگیری کود سبز و مخلوط کردن بذر نیامدارانی مانند یونجه با خاک یونجه‌زار قبل از کشت، نمونه‌های بارز استفاده از کودهای زیستی در کشاورزی سنتی می‌باشند (حاجیلو و همکاران، ۱۳۸۹). در کشاورزی نوین نیز پیشینه دانش استفاده از کودهای زیستی بعنوان کود و مواد حاصلخیز کننده خاک به زمان استفاده از کودها در کشاورزی باز می‌گردد، به طوری که تولید نخستین مایه تلقیح، کود زیستی باکتری رایزوبیوم با نام تجاری نیتراژین در سال ۱۸۹۵ توسط هیلتنر و ناب در آمریکا صورت گرفت (وسی، ۲۰۰۳). تولید

صنعتی کودهای زیستی در کانادا در سال ۱۹۰۵ و در استرالیا و سوئد در سال ۱۹۱۴ آغاز شد، ولی به علت توسعه سریع تولید و مصرف کودهای شیمیایی استفاده از کودهای زیستی توسعه چندانی نیافت (حاجیلو و همکاران، ۱۳۸۹). با این وجود به تدریج پژوهش و تولید این کودها توسعه یافت، به طوری که دانشمندان چینی در سال ۱۹۴۰، باکتری‌های تثبیت کننده زیستی نیتروژن و حل‌کننده فسفات را جداسازی نموده و تولید تجاری کودهای زیستی از نوع باکتری‌های افزاینده رشد گیاه در چین در سال ۱۹۷۹ آغاز گردید (بانرجی و همکاران، ۲۰۰۶). در سال ۱۹۸۶ کاربرد وسیعی از این باکتری‌ها صورت گرفت و در سال ۱۹۹۴ استفاده از کودهای زیستی باکتریایی در سطحی معادل ۳۹ میلیون هکتار از مزارع این کشور صورت پذیرفت (زهیر و همکاران، ۲۰۰۴). امروزه با درک بیشتر عوارض جدی زیست‌محیطی ناشی از بکارگیری بی‌رویه و نامتعادل کودهای شیمیایی و اهمیت استفاده از کودهای زیستی در بهبود حاصلخیزی خاک و تولید پایدار محصولات کشاورزی، تولید و کاربرد این کودها توسعه بیشتری یافته و بسیاری از کشورهای توسعه یافته و در حال توسعه اقدام به تولید و مصرف کودهای زیستی نموده‌اند (کنایان، ۲۰۰۲).

همچنین سابقه تحقیق و تولید تجاری کودهای زیستی در ایران به سال ۱۳۷۴ باز میگردد. تولید باکتری‌های افزاینده رشد گیاه، انتخاب قارچ‌های مایکوریزایی آرباسکولار مناسب برای تحمل گندم به تنش خشکی، تولید مایه تلقیح برای نیشکر و تولید انبوه و تجاری برخی از آنها از مهم‌ترین دستاوردها در زمینه پژوهش، تولید و توسعه کاربرد کودهای زیستی در کشور محسوب می‌شوند (اسدی رحمانی و همکاران، ۱۳۸۴). همچنین تولید کود زیستی با استفاده از مایه تلقیح باکتری ازتوباکتر که در سال ۱۳۸۳ بیش از ۳ هزار تن آن در کشور تولید و مصرف گردید (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۳). از جمله دیگر دستاوردهای تولید و توسعه کودهای زیستی در کشور محسوب می‌شود. امید می‌رود که با پژوهش بیشتر در این زمینه و ترویج مصرف این کودها توسعه مصرف آنها در راستای دستیابی به کشاورزی پایدار بیش از پیش فراهم آید (حاجیلو و همکاران، ۱۳۸۹).

۱-۵-۲- باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR)

فراهم سازی شرایط لازم برای استفاده بیشتر از فرایندهای طبیعی مانند تثبیت بیولوژیکی نیتروژن یکی از راهکارهای تولید بهینه محصول و مهمتر از آن حفظ سلامت محیط است که امروزه در کشورهای مختلف به طور جدی دنبال می‌شود. یکی از شیوه‌های بیولوژیکی برای افزایش تولید در کشاورزی، استفاده بالقوه از میکروارگانیسم‌های مفید خاک‌زی است که می‌توانند از روش‌های مختلف باعث افزایش رشد و عملکرد گیاه شوند. از جمله این موجودات می‌توان به ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه اشاره کرد (علیخانی و صالح راستین، ۱۳۸۰).

ریزوباکتری‌های توسعه دهنده رشد گیاه (PGPR) یک گروه ناهمگون از باکتری‌ها می‌باشند که می‌توانند در ریزوسفر، در سطح ریشه و در ارتباط با ریشه‌ها یافت شوند و همچنین می‌توانند کمیت یا کیفیت رشد گیاه را بطور مستقیم و یا غیرمستقیم بهبود دهند (احمد و همکاران، ۲۰۰۸). واژه PGPR در سال ۱۹۷۸ توسط کلوپرواسکروت عنوان گردید، این واژه ابتدا برای توصیف باکتری‌هایی بکار برده می‌شد که برای کنترل بیولوژیک مورد استفاده قرار می‌گرفتند ولی امروزه این اصطلاح تمامی باکتری‌های ریزوسفری که موجب بهبود رشد گیاه می‌شوند، را در بر می‌گیرد (توماشوی و همکاران، ۱۹۹۰). باکتری‌های توسعه دهنده رشد گیاه برای اثر گذاری بر رشد، عملکرد و جذب مواد غذایی از طریق مجموعه‌ای از مکانیسم‌ها گزارش شده‌اند. همچنین چندین تغییر شیمیایی در خاک مربوط به PGPR هستند (یاسمین و همکاران، ۲۰۰۷). و می‌توانند بطور فعال رشد گیاه را افزایش دهند (کالر و همکاران، ۲۰۰۶) بدلیل پتانسیل PGPR برای بهبود تغذیه و سلامتی گیاه، استفاده از این ریزوباکتری‌ها در کشاورزی کم نهاده در تحقیقات زیادی مورد توجه قرار گرفته است (وسی، ۲۰۰۳).

صرفه نظر از منشاء نژاد باکتری‌ها، PGPR ممکن است رشد گیاه را از طریق چندین مکانیسم توسعه دهند. مکانیسم‌های غیر مستقیم شامل بهبود دسترسی به مواد غذایی یا جلوگیری از رشد

میکروارگانیسم‌های پاتوژن است در حالی که مکانیسم‌های مستقیم شامل متابولیسم گیاه یا تغییر تعادل هورمون‌های گیاهی یا القاء واکنش‌های سیستماتیک دفاعی به گیاه است (راموس سولانو و همکاران، ۲۰۰۸). بنابراین کاربرد PGPR پتانسیل بزرگی در کشاورزی از زمانی که کاهش کاربرد نهاده‌های زراعی شیمیایی مطرح شده است، دارد. همچنین حفظ تنوع زیستی در جامعه زیستی مربوط به گیاهان رویکردی را وعده می‌دهد که در عملیات کشاورزی و باغبانی تغییر اساسی ایجاد خواهد کرد (گلیک و همکاران، ۲۰۰۷).

PGPR بعنوان تولید کننده مواد محرک رشد، رشد گیاه را از طریق تولید اکسین، سیتوکینین و جیبرلین توسعه می‌دهند. علاوه بر این اتیلن را هم که بعنوان یک فیتوهورمون شناخته شده است و ممکن است از ازدیاد طول ریشه برخی از گیاهان جلوگیری کند، تولید می‌کنند. کاربرد PGPR به صورت تلقیح در مقیاس بزرگ برای افزایش تولید محصولات زراعی جذاب بوده و بطور قابل توجهی استفاده از کودهای شیمیایی و آفتکش‌ها که اغلب محیط را آلوده می‌کنند، کاهش خواهد داد. این مسئله اثر سنگینی بر محیط انسانی و طبیعی، همچین بر سلامت انسان از طریق آلودگی خاک، آب، و زنجیره‌های ذخیره غذا دارد (شاهرونا و همکاران، ۲۰۰۶).

در یک ارزیابی گلیک و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که برخی PGPR ممکن است از طریق سنتز هورمون‌های گیاهی یا تسهیل جذب مواد غذایی از خاک از طریق مکانیسم‌های مستقیم مختلف از قبیل تثبیت نیتروژن اتمسفری، انحلال فسفر، و سنتز سیدروفورها برای جداسازی آهن و بیشتر قابل دسترس ساختن مواد غذایی برای گیاهان بر رشد گیاهان تاثیرگذار باشند. تلقیح میکروبی برخی نتایج امیدوارکننده در افزایش قابلیت دسترس به موا غذایی را نشان می‌دهد. برای مثال گزارش‌های مختلف نشان می‌دهند که اثرات مثبت جوامع میکروبی بر جذب زیستی نیتروژن و تثبت بیولوژیکی آن همراه با گیاهان غیرلگوم از جمله این نتایج به شمار می‌رود (دستاگر و همکاران، ۲۰۱۱). بسیاری از سیستم‌های PGPR باعث تحریک رشد ریشه از طریق گیاه و از طریق باکتری می‌شوند. افزایش

توسعه رشد ریشه را از طریق کاربرد PGPR، به تکرار در مزرعه، ممکن است ابزار بالقوه‌ای برای افزایش جذب زیستی مواد غذایی در گیاهان باشد (دستاگر و همکاران، ۲۰۱۱). PGPR با توجه به ارتباط آنها با گیاه به دو گروه تقسیم می‌شوند: باکتری‌های همزیست و باکتری‌های آزادزی (خان، ۲۰۰۵). بطور کلی کارکرد PGPR از سه طریق صورت می‌گیرد: سنتز ترکیبات خاص برای گیاهان، تسهیل جذب مواد مغذی خاص از محیط (کاکماکی و همکاران، ۲۰۰۶) و کاهش یا جلوگیری از بیماری‌های گیاهی (لیتل و همکاران، ۲۰۱۱).

۱-۶- کودهای آلی

در مناطق خشک و نیمه خشک ایران، خاک‌ها معمولا از نظر ماده آلی فقیر بوده و دارای ویژگی‌های فیزیکی نامطلوبی می‌باشند. به همین علت، افزایش سطح ماده آلی در چنین خاک‌هایی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (مفتون و مشیری، ۲۰۰۸). مواد آلی را می‌توان به مقدار زیادی با کاربرد کودهای آلی مانند کود دامی و ورمی‌کمپوست به خاک افزود (ابراهیم و همکاران، ۲۰۰۸). از طرف دیگر، کاربرد زیاد کودهای شیمیایی به همراه عملیات مدیریتی نامناسب، مقدار ماده آلی خاک را کاهش داده و این موضوع بر ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک تأثیر گذاشته و خطر فرسایش خاک را افزایش می‌دهد (میرزایی تالارپشتی و همکاران، ۱۳۸۸). با توجه به این امر و خطرات زیست‌محیطی ناشی از مصرف مداوم کودهای شیمیایی، بهتر است بخشی از کودهای معدنی با کودهای آلی جایگزین شود (عباسی و همکاران، ۱۳۹۱). کود آلی به کودی اطلاق می‌شود که منشاء طبیعی داشته باشد. نتایج آزمایش‌ها نشان داده که استفاده ازکودهای آلی نقش مثبتی را در افزایش عملکرد به همراه داشته است. مصرف کودهای آلی به‌واسطه فراهمی فسفر و بیشتر عناصر کم مصرف سبب افزایش رشد و عملکرد گیاهان می‌شود. رفع کمبود عناصر غذایی کم مصرف به‌وسیله مواد آلی، به علت قدرت کمپلکس کنندگی این مواد عنوان شده است (اقبال و همکاران، ۲۰۰۴). ورمی‌کمپوست‌ها و مواد هیومیک از جمله کودهای آلی به شمار می‌آیند.

۱-۶-۱- ورمی‌کمپوست

ورمی‌کمپوست به کودی اطلاق می شود که از مدفوع گونه‌ای خاص از کرم‌های خاکی بدست می‌آید. برای تهیه ورمی‌کمپوست از گونه‌ای خاص از کرم‌های قرمز رنگ مناطق گرم و مرطوب بنام *Eisenia foetida* که به کرم ببری یا کرم کمپوستر نیز معروف می‌باشند، استفاده می‌گردد. فرایند تولید ورمی‌کمپوست عبارت است از عبور آرام و پیوسته مواد آلی از درون دستگاه گوارش کرم و تغییر حالت این مواد به مدفوع کرم. فضولات کرم‌ها شامل مواد مغذی برای گیاهان بوده و دارای حالتی است که به موقع برای تغذیه گیاه آزاد می‌شود. استفاده ورمی‌کمپوست در کشاورزی پایدار علاوه بر افزایش حمایت و فعالیت میکروارکانیسم‌های مفید خاک (مانند قارچ‌های میکوریز و میکروارگانیسم‌های حل کننده فسفات) در جهت فراهمی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم محلول عمل نموده و سبب بهبودی رشد و عملکرد گیاه زراعی می‌شود. ورمی‌کمپوست ماده‌ای است که به خوبی تغییر فرم یافته و ساختار، تخلخل، تهویه، زهکشی و ظرفیت نگهداری رطوبت در آن در حد عالی بوده و از لحاظ کیفی سرشار از مواد هومیک و عناصر قابل جذب شامل کربن، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، سدیم، کلسیم، آهن، روی، منگنز و سایر عناصر ماکرو می‌باشد و شامل انواع ویتامین‌ها و هورمون‌های محرک رشد، آنزیم‌های مختلف و عناصر قابل جذب برای گیاه با اسیدیته تنظیم شده است. مزیت کاربرد ورمی‌کمپوست به تنهایی را در رابطه با سایر کمپوست‌های آلی به دلیل فراهمی بیشتر عناصر غذایی در ورمی‌کمپوست دانسته‌اند. خواص فوق، ورمی‌کمپوست را تبدیل به کودی ایده‌آل برای رشد و بالندگی گیاهان کرده است. ارزش غذایی ورمی‌کمپوست در مقایسه با سایر کمپوست‌های تولید شده به مراتب بیشتر گزارش شده است (علیزاده و همکاران، ۱۳۸۸). با توجه به اینکه در فرایند تولید این کود از هیچ ماده شیمیایی استفاده نمی‌شود محصولات کشاورزی تولید شده کاملاً طبیعی خواهند بود. این ویژگی‌های منحصر به فرد، توجه علاقه‌مندان به

محیط زیست را نیز در سراسر جهان به خود جلب کرده و آینده رو به رشدی برای استفاده وسیع از ورمی‌کمپوست در کشاورزی ارگانیک را رقم خواهد زد (زالر، ۲۰۰۷).

۱-۶-۲- مواد هیومیک

مواد هیومیک پلی‌الکترولیت‌های آلی طبیعی موجود در هوموس خاک هستند و باعث تثبیت ماده آلی خاک می‌شوند (مارو و همکاران، ۲۰۱۰). مواد هیومیک در همه جا حضور دارند و به مقدار زیاد در خاک، رسوبات و آب‌ها بعنوان عامل ایجاد کننده دگرگونی‌های شیمیایی و بیولوژیکی بقایای گیاهی و حیوانی به وجود می‌آیند و دارای سه جزء اسید هیومیک، اسید فولویک و هیومین می‌باشند (جانوس، ۲۰۰۳). این مولکول‌ها اهمیت اکولوژیکی دارند مثلا آنها در تنظیم تعداد زیادی فرایندهای شیمیایی و فیزیکی دخالت دارند که در اکوسیستم‌های طبیعی رخ می دهند (مارو و همکاران،۲۰۱۰). با این حال اگرچه این عمل‌های کاربردی مواد هیومیک بطور مستقیم از طریق پیکربندی شیمیایی خود در محلول تحت تاثیر قرار می‌گیرند، ارتباطات بین ساختار و فعالیت بیولوژیکی مواد هیومیک روشن نیستند. بنابراین سیستم هیومیک مشابه می‌تواند ویژگی‌های کارکردی متفاوتی با توجه به پیکربندی مولکولی خود در محلول (تجمع مولکولی، ساختار مولکولی) را ارائه دهد (گارسیا-مینا، ۲۰۰۷). در میان خصوصیات کارکردی مواد هیومیک، توانایی آنها در بهبود رشد گیاه به خوبی در گونه‌های متنوع گیاهی و شرایط رشد نشان داده شده است (مارو و همکاران، ۲۰۱۲). افزایش در رشد ریشه یکی از اثرات عمده مواد هیومیک می‌باشد، که می‌تواند به دو شکل اصلی متفاوت تقسیم شود: اثرات مورفولوژیک بر ریشه‌های فردی (تعداد سلول، اندازه سلول، نوع سلول، ریشه‌های جانبی یا تارهای کشنده) و اثرات مورفولوژیکی بر کل ریشه (ساختمان ریشه، تراکم ریشه‌های ثانویه، شاخه‌دهی ریشه و ضخامت ریشه) (دوبس و همکاران، ۲۰۱۰). همچنین مطالعات زیادی توانایی مواد هیومیک در افزایش رشد ساقه واریته‌های گونه‌های گیاهی مختلف را در شرایط گوناگون نشان داده‌اند (مارو و همکاران، ۲۰۱۰).

۱-۶-۲-۱- اسید هیومیک

بر طبق نظریه‌های مشهور هومیفیکاسیون، اسیدهای هیومیک مولکول‌های آلی خیلی مقاوم و نسوز در رسوبات طبیعی هستند و نشان دهنده مرحله پایانی یا نیمه پایانی فرایند هومیفیکاسیون می‌باشند (زاکون و همکاران، ۲۰۰۸). بطور کلی اسید هیومیک به عنوان یک ماده آمورف قهوه‌ای تا سیاه، اسیدی و خیلی پخش شده با صدها تا هزاران توده‌های مولکولی و قابل بخش در مواد هیومیک و بر طبق انحلال آنها در آب در pH مختلف تعریف شده است (سنسی و لوفردو، ۱۹۹۹). اسید هیومیک بخشی از ماده آلی خاک است که در اساس محلول است اما در شرایط اسیدی رسوب می‌کند، بطور گسترده‌ای بعنوان نماینده ماده آلی خاک استفاده می‌شود. استفاده معمول اسید هیومیک دو دلیل اصلی دارد: ۱) بخشی برای متمرکز کردن عناصر و تصفیه خاک است و ۲) مقابله با تعداد زیادی از انتشار عناصر است (بورمن و همکاران، ۲۰۰۹).

فصل دوم

بررسی منابع

۲-۱- اکولوژی نخود

گیاه نخود عمدتا در نیمکره شمالی و بین مدار ۲۰- ۴۰ درجه عرض شمالی کشت می‌شود. نوع کابلی در مناطق معتدل بالای ۳۰ درجه عرض شمالی و نخود نوع دسی در نواحی گرمسیری نیمه خشک بیشتر بین مدار ۲۰- ۳۰ درجه عرض شمالی رشد می‌کند. از لحاظ سازگاری گیاهی یک ساله، زمستانه و مدیترانه‌ای است ولی به منظور کاهش خسارت بیماری برق زدگی کاشت آن بصورت بهاره متداول است (مجنون حسینی، ۱۳۸۷). نخود گیاهی است مقاوم به خشکی و نیاز به اقلیم خشک و سرد دارد. اساسا دارای دو تیپ زمستانه و تابستانه است. تیپ زمستانه آن دارای دانه‌های ریز بوده و بیشتر در ممالک شرقی آسیا و ایران کاشته می‌شود. دانه‌های آنها به رنگ‌های مختلف بوده و دارای رنگیزه آنتوسیانین می‌باشند. تیپ تابستانه آن در کشورهای غرب آسیا، شیلی، مکزیک و همچنین ایران کاشته می‌شود. این تیپ نخود دارای دانه‌های به رنگ کرم و درشت است و گل‌های آن به رنگ سفید می‌باشد. گیاه نخود دماهای بالا را تحمل کرده و دمای مطلوب آن ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتیگراد است. رطوبت بالا و هوای ابری اثر نامطلوبی بر گلدهی و غلاف‌دهی داشته و مقدار مواد قابل ذخیره را کاهش می‌دهند. نخود گیاهی روز بلند است و هرچه طول روز بلندتر و درجه حرارت بالاتر باشد، زودتر به گل می‌رود. این گیاه بخاطر سرعت استفاده از انرژی خورشیدی معروف است و به همین دلیل در هندوستان آن را با گندم و ارزن می‌کارند. زمان کاشت نخود ارقام پائیزه در ایران در حدود آبان ماه است اما این زمان در ارقام بهاره از اواخر اسفند تا اواخر فروردین می‌باشد (کوچکی و بنایان اول، ۱۳۷۲).

۲-۲- نیاز غذایی نخود

این گیاه در اکثر خاک‌ها، بخصوص خاک‌های لومی، که به اندازه کافی آهک دارند، رشد می‌کند. بافت‌های سنگین، رسی و مرطوب مطلوب برای رشد آن مطلوب نیستند. استفاده صحیح از کود می‌تواند باعث افزایش عملکرد نخود شود. این گیاه اکثرا برای افزایش محصول نیاز به کودهای فسفره،

پتاس و آهک دارد. و در بعضی موارد به منیزیم نیز نیاز دارد که از سنگ آهک دولومیت استفاده می‌شود. زیرا دارای آهک و منیزیم است. در موقع کاشت نخود به حدود ۲۰ کیلوگرم ازت در هکتار نیاز است. واکنش آن به فسفر متغیر است. جایی که آب عامل محدود کننده رشد است، نخود معمولا به فسفر واکنش نشان می‌دهد. آزمایشات نشان داده است که نخود هنگامی که در خاک تنها ۲ ppm فسفر قابل دسترس وجود داشته باشد کمبودی نشان نمی‌دهد. برای دست‌یابی به حداکثر عملکرد نیاز به گوگرد کافی دارد. بدون گوگرد نخود قادر به تثبیت ازت نخواهد بود. مصرف گوگرد باعث کاهش pH خاک می‌شود. واکنش نخود به عناصری مانند روی و منگنز بسیار کم بوده و تا به حال گزارشی در مورد واکنش نخود به کلر، مس و آهن اعلام نشده است. چنانچه نخود برای سه سال متوالی در یک زمین کاشته شود، مصرف مولیبدن الزامی می‌باشد. شوری خاک باعث کاهش عملکرد و میزان پروتئین می‌شود (کوچکی و بنایان اول، ۱۳۷۲).

۲-۳- تاثیر باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) بر رشد و صفات گیاهان زراعی

سازوکارهای متعددی برای توضیح چگونگی تأثیر باکتری‌های افزاینده رشد گیاه بر رشد و نمو گیاهان شناخته شده است که این سازوکارها را به طور کلی می‌توان شامل دو گروه مستقیم و غیرمستقیم دانست (حاجیلو همکاران، ۱۳۸۹). در حالت مستقیم انواع PGPR با استفاده از مکانیزم‌های تثبیت زیستی نیتروژن، افزایش جذب و فراهمی یا محلول کردن عناصر غذایی، تولید هورمون‌های رشد گیاهی، سنتز آنزیم‌های تعدیل کننده رشد و توسعه گیاه، تولید انواع ویتامین‌ها، تولید سیدروفورهای کلاته کننده آهن و محلول ساختن فسفات باعث تحریک و افزایش رشد گیاهان می‌شوند (رومدهان و همکاران، ۲۰۰۹). در حالت غیرمستقیم، با استفاده از مکانیزم‌های مختلف آنتاگونیستی اثرات مضر بیمارگرهای گیاهی را خنثی یا تعدیل نموده و بدین طریق موجب افزایش رشد گیاه می‌شوند. رقابت برای جذب مواد و اشغال جایگاه‌های مناسب برای فعالیت پاتوژن‌ها، از مهم‌ترین مکانیزم‌های مورد استفاده در این روش و تولید آنتی بیوتیک، آنزیم‌های لیتیک و تولید

سیانید هیدروژن (HCN) می‌باشند (لوکاس و همکاران، ۲۰۰۹). باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) می‌توانند رشد چندین نوع از گیاهان را توسعه دهند. برای مثال می‌توانند با ریشه گیاهان تک لپه از جمله گندم، ذرت و برنج و نیز گیاهان خانواده بقولات مانند نخود، سویا، لوبیا و غیره ارتباط برقرار نمایند (پیرومایو و همکاران، ۲۰۱۱). تلقیح با PGPR متفاوت بطور معنی‌داری رشد و عملکرد دانه نخود در شرایط مزرعه را افزایش داده است (شهزاد و همکاران، ۲۰۱۰).

۲-۳-۱- تاثیر ریزوبیوم‌ها بر رشد و صفات گیاهان زراعی

نیتروژن و فسفر بعنوان مواد ضروری برای رشد و توسعه گیاه شناخته شده‌اند. در تکنولوژی‌های پیشرفته و کشورهای ثروتمند نیاز به این عناصر را می‌توان از طریق استفاده از کودهای شیمیایی برطرف کرد. با این حال حتی در این مناطق نیز کودها گران هستند و استفاده شدید از مواد شیمیایی مسائل زیست محیطی را ایجاد کرده که پایداری سیستم‌های کشاورزی را تهدید می‌کند (زانگ و همکاران، ۲۰۰۷). در کشورهای در حال توسعه، کودها بویژه آنهایی که حاوی نیتروژن هستند، تا حد زیادی و یا بطور کلی قابل دسترس نیستند یا بیش از حد گران می‌باشند که قابل استفاده برای اکثر کشاورزان بخصوص کشاورزان کوچک، که بیشتر غذای تولید شده به این مناطق اختصاص دارد، نیستند (ارمان و همکاران، ۲۰۱۱)

ریزوبیوم‌ها باکتری‌های خاکی هستند که قادر به القا کردن همزیستی تثبیت نیتروژن در بافت ریشه گیاهان خانواده بقولات (Fabceae) می‌باشند. مقدار نیتروژن افزوده شده به اکوسیستم‌های زمینی از طریق این ارتباط دارای اهمیت قابل توجهی است (آمپوماه و هاس دانل، ۲۰۱۱) و در کشاورزی پایدار، جنگلداری و زمین‌های تخریب شده مورد استفاده قرار می‌گیرد (اسپرنت، ۲۰۰۹). اثرات تلقیح ریزوبیوم بطور عمده به بهبود توسعه ریشه و افزایش جذب بیولوژیک آب و مواد معدنی نسبت داده می‌شود. ترشح مواد توسعه دهنده رشد گیاه بطور عمده، IAA (ایندول استیک اسید)، مسئولی برای این اثر است (اسپیپن و همکاران، ۲۰۰۷). این باکتری‌ها دارای جنس‌هایی مانند

Rhizobium، *Bradyrhizobium*، *Sinorhizobium*، *Mesorhizobium*، *Allorhizobium* و *Azorhizobium* می‌باشند (آمپوماه و هاس دانل، ۲۰۱۱).

Mesorhizobium جنسی است که به طور گسترده‌ای شناخته شده است (آمپوماه و هاس دانل، ۲۰۱۱)، و متشکل از چند گونه است که بر انواع لگوم‌های میزبان از جمله نخود گره‌سازی می‌کند. با وجودی که همزیستی نخود-ریزوبیوم کمتر مورد مطالعه قرار گرفته است، ولی ثابت شده است که دو گونه آن بطور خاص به نام *Mesorhizobiom ciceri* و *Mesorhizobiom mediteraneom* بر روی نخود گره‌سازی می‌کنند (لارانجو و همکارن،۲۰۱۲). البته، اخیرا این دیدگاه تغییر کرده است و ریزوبیوم‌های قادر به گره‌سازی بر نخود در داخل چندین گونه متعلق به جنس *Mesorhizobium* نشان داده شده‌اند (الکساندر و همکاران، ۲۰۰۹). ریزوبیوم‌ها، گیاه و خاک را غنی از نیتروژن می‌کنند و برآورد می‌شود که ۱۷۵×۱۰^{۶} تن نیتروژن در سراسر جهان بصورت سالانه از این راه به دست می‌آید و نیز این باکتری‌ها می‌توانند سالانه ۸۳ کیلوگرم در هکتار نیتروژن را در نخود با توجه به فاکتورهای خاکی و اقلیمی تثبیت کنند (ارمان و همکاران، ۲۰۱۱).

بیش از یک قرن است که این موضوع به خوبی شناخته شده است که تثبیت بیولوژیکی نیتروژن یکی از ابزارهای افزایش نیتروژن در سیستم‌های کشاورزی است. سوددهی صنعت حبوبات تا حد زیادی متکی به تثبیت نیتروژن از طریق این گیاهان زراعی است؛ فرایندی که بیش از ۶۰٪ نیاز حبوبات زراعی را تامین می‌کند. بنابراین این صنعت نیاز به کارآمدترین همزیستی‌ها و مدیریت تلقیح موثر دارد (ایوانز، ۲۰۰۵). باکتری‌های جنس *Rhizobium* با گیاهان لگومینوز در یک شیوه میزبانی ویژه در ارتباط هستند و از گره‌های تثبیت کننده نیتروژن موجود بر ریشه حاصل می‌شوند. ایجاد ارتباط همزیستی موفق طبقه‌بندی نسبت‌های باکتری‌های ریشه، کلونیزاسیون ریشه، تشکیل ریشه‌های مویی، موضوع ایجاد آلودگی و تقسیم سریع سلول‌های کورتکس ریشه را هم درگیر می‌کند (داردانلی و همکاران، ۲۰۰۸). به دلیل تثبیت ازت مولکولی توسط لگوم‌ها در سیسم‌های زراعی، مطالعات زیادی بر روی این گیاهان در جهان متمرکز شده است که اکثر آنها به همزیستی ریزوبیومی

با ریشه این گیاهان توجه خاصی داشته‌اند. تحقیقات دانشمندان هندی که بیشترین کشت نخود در این کشور صورت می‌گیرد، نشان می‌دهد که جمعیت *Mesorhizobiom ciceri* در ۳۹٪ از مزارع این کشور کمتر از ۱۰۰ سلول در یک گرم خاک است و تلقیح در چنین خاک‌هایی صددرصد موفقیت آمیز است (شریعتمداری و قادری، ۱۳۸۴).

در یک مطالعه، تلقیح با*Bradyrhizobium sp.* بعنوان باکتری آزادزی باعث افزایش بیوماس کل و عملکرد دانه در نخود شده است (فلورس و همکاران، ۲۰۱۰) و تولید اکسین و رشد ریشه در گیاه تربچه را افزایش داده است (بانچیو و همکاران، ۲۰۰۸). طی مطالعه‌ای در تلقیح گیاه *majorana Origanum* گزارش شد که وزن خشک ریشه در گیاهان تلقیح شده با *Bradyrhizobium sp.* نسبت به شاهد ۶ برابر بیشتربوده و به طور معنی‌داری بیشتر از گیاهان تلقیح شده با دیگر انواع باکتری است. این افزایش در وزن خشک ریشه بطور عمده در نتیجه افزایش تعداد ریشه‌های جانبی بود (بانچیو و همکاران، ۲۰۰۸). اما در تحقیق دیگری مشاهده گردید که تلقیح با *Sinorhizobium sp.* بعنوان میکروارگانیسم آزادزی ریزوسفر بیوماس ریشه یا ساقه را افزایش نمی‌دهد. و همچنین افزایش نسبت بیوماس ساقه به ریشه در گیاهان تلقیح شده با*Bradyrhizobium sp.* را مشاهده نشد که به عنوان باکتری توسعه دهنده رشد گیاه در خیلی از گونه‌های گیاهی گزارش شده است (لوسی و همکاران، ۲۰۰۴). این قبیل اثرات توسعه دهنده بسته به نوع خاک و گونه گیاهی بسیار متغیر هستند (گرای و اسمیت، ۲۰۰۵).

۲-۳-۲- تاثیر آزوسپیریلوم‌ها بر رشد و صفات گیاهان زراعی

Azospirillum جنسی از باکتری‌های توسعه دهنده رشد گیاه است که می‌تواند در شرایط مختلف با غلات و برخی گیاهان دیگر ارتباط برقرار کند. یکی از موثرترین اثرات *Azospirillum* که بر گیاهان اعمال می‌کند تغییر در متابولیسم ریشه است که به نوبه خود باعث تحریک رشد می‌شود (حاجیلو و همکاران، ۱۳۸۹). باکتری‌های جنس *Azospirillum* آزادزی، کلونیزکننده سطحی،

دیازوترفیک، آندوژنیک و توسعه دهنده رشد گیاه هستند. آنها قادرند عملکرد گیاهان زراعی مهم رشد کننده در خاک‌ها و رژیم‌های آب و هوایی گوناگون را افزایش دهند (داردانلی و همکاران، ۲۰۰۸). پریبرا و همکاران، (۲۰۱۲) به نقل از اوکون و کاپوانیک (۱۹۸۶) گزارش دادند که اثرات مثبت تلقیح *Azospirillum* از تغییرات مورفولوژیک و فیزیولوژیک در ریشه گیاهان تلقیح شده ناشی می‌شود که رشد گیاهان را در شرایط تنش بهبود می‌دهد (تجدید نظر شده توسط باشان و دی-باشان، ۲۰۱۰). نتایج حاصل از آزمایش‌های تلقیح *Azospirillum* بصورت مزرعه‌ای، در ۶۰-۷۰٪ گزارش‌های منتشر شده توسط محققان، نشان می‌دهد که این عمل سبب افزایش معنی‌دار ۵-۳۰ درصدی عملکرد در گیاهان زراعی شده است (داردانلی و همکاران، ۲۰۰۸). سویه‌های مختلف این PGPR بطور گسترده در تلقیح بذر برای تحریک رشد گیاهی در محصولات غلات مورد استفاده قرارمی‌گیرند (پدرازا و همکاران، ۲۰۰۹). آنها رشد گیاه، بویژه سیستم ریشه را توسعه می‌دهند که برای افزایش جذب بیولوژیک آب و مواد غذایی مفید می‌باشند (پریبرا و همکاران، ۲۰۱۲). در برخی موارد تحقیقات تلقیح با *Azospirillum* برای بهبود عملکرد زراعی را نشان داده‌اند (پدرازا و همکاران، ۲۰۰۹)، ولی ممکن است در موارد خاص هدف از کاربرد باکتری‌های جنس *Azospirillum* بهبود عملکرد زراعی گیاهان نباشد، بلکه وسیله‌ای برای کاهش میزان مصرف فعلی کودهای نیتروژنه، بدون کاهش عملکرد زراعی، باشد (کاویلروت و همکاران، ۲۰۱۰).

تاثیر تلقیح با آزوسپیریلوم ممکن است نتیجه اثرات مستقیم و غیرمستقیم باشد. تاثیر بر جامعه میکروبی نیز به اثبات رسیده است که باعث افزایش تنوع جامعه میکروبی می‌شود. تلقیح با *Azospirillum* همچنین می‌تواند فیزیولوژی و نحوه ترشحات ریشه را تغییر دهد (باودوین و همکاران، ۲۰۰۹). مطالعات متعددی نشان داده‌اند که نیتروژن حاصل از تثبیت بیولوژیکی توسط *Azospirillum* بطور قابل توجهی به گیاه انتقال پیدا می‌کند (فلورس و همکاران، ۲۰۱۰). مطالعات فراساختاری محلی سازی آزوسپیریلوم بر سطح ریشه نشان داده است که این باکتری می‌تواند در تمام طول

سیستم ریشه تلقیح شده پیدا شود اما آنها در منطقه طویل شدن، نوک ریشه، پایه ریشه‌های مویی و در موارد کمی در نوک ریشه‌های مویی متمرکز می‌شوند (باشان و همکاران، ۲۰۰۴).

در مطالعه‌ای که نژادهای مختلف *Azospirillum brasilense* از گیاهان توت فرنگی جدا شده بودند، آنها سه ویژگی مهم را در درون گروه PGPR نشان دادند: فعالیت تثبیت کننده نیتروژن، تولید سیدروفورها، و تولید ایندول‌ها (هورمون‌ها). همچنین آنها قادر به توسعه رشد گیاهان توت فرنگی (پدرازا و همکاران، ۲۰۱۰) و محافظت از آنها در مقابل بیماری آنتراکنوز (*Colletotrichum sp.*) بودند (تورتورا و همکاران، ۲۰۱۱). علاوه براین *Azospirillum brasilense* رشد و محتوای آب نسبی در گیاهچه‌های گندم در شرایط شوری و تنش اسموتیک را بهبود داده است (پرییرا و همکاران، ۲۰۱۲). اثرات مخرب نمک بر گیاهچه‌های گندم از طریق تلقیح با *Azospirillum brasilense* ، که تا حدودی اثرات منفی بر میزان ازدیاد نسبی طول ساقه را منعکس می‌کند، کاهش می‌یابد. که به نوبه خود محتوای نسبی آب را بیشتر افزایش می‌دهد. تلقیح گیاهان گندم با نژادهای مختلف *Azospirillum* بطور معنی‌داری وزن خشک کل، تعداد کل پنجه‌ها، و زمان گلدهی تعداد سنبله و دانه‌های هر سنبله، وزن دانه و شاخص برداشت، ارتفاع ساقه و وزن تر و خشک گیاهچه‌های تلقیح شده با *Azospirillum* سازگار با شوری در هر دو آب شور و غیرشور را افزایش داده است. البته عملکرد دانه بیشتر تحت تاثیر تلقیح با *Azospirillum* سازگار با شوری قرار گرفته است (حاجی نیا و همکاران، ۲۰۱۲). همچنین تلقیح بذور لوبیا با *Azospirillum brasilense* باعث افزایش انشعاب‌زایی ریشه شده است (داردانلی و همکاران، ۲۰۰۸). در تحقیقات مختلف نشان داده شده است که هنگامی که نژادهای آزوسپیریلوم با بذر تلقیح می‌شود، بهره‌وری گندم (پیکسینین و همکاران، ۲۰۱۳)، ذرت (براکسینی و همکاران، ۲۰۱۲) یولاف و جو (سانتا و همکاران، ۲۰۰۸)، افزایش رشد ساقه و ریشه گیاهچه‌های برنج، ارزن و نیشکر (پیکسینین و همکاران، ۲۰۱۱) را افزایش می‌دهد.

در مطالعه انجام شده توسط دیدونت و همکاران (۲۰۰۰)، مربوط به اثر تلقیح بذر گندم با *Azospirillum brasilense* همراه با سطح‌های متفاوت نیتروژن در مرحله‌های مختلف رشد، هیچ اثری بر عملکرد و بر کل نیتروژن تجمع یافته در بذر مشاهده نشده است. از سوی دیگر مطالعاتی نشان داه‌اند که تلقیح *Azospirillum brasilense* منجر به افزایش تجمع نیتروژن در خوشه و رشد بیشتر ریشه نسبت به ساقه و ارایه افزایش بهره‌وری گیاهان گندم بویژه در حضور کود نیتروژن شده است (پیکسینین و همکاران، ۲۰۱۳). زوریتا و کانیگیا (۲۰۰۸) و پیکسینین و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که بعد از تلقیح بذر گندم با *Azospirillum brasilense* افزایش معنی‌داری در عملکرد دانه بوجود می‌آید. مزایای تثبیت نیتروژن از طریق *Azospirillum* در کشاورزی نخستین بار توسط دوبرینر و همکاران(۱۹۷۶) ثابت شد (فلورس و همکاران، ۲۰۱۰).

۲-۳- ۳- تاثیر سودوموناس‌ها بر رشد و صفات گیاهان زراعی

میکروارگانیسم‌های اطراف ریشه از ترکیبات و مواد آزاد شده از ریشه گیاهان زراعی استفاده می‌کنند و برای دیگر میکروارگانیسم‌ها مواد غذایی تهیه می‌کنند و به این وسیله ریزوسفر از جمعیت‌های بزرگ و فعال میکروبی قادر به اعمال اثرات سودمند، خنثی یا مضر بر رشد گیاه حمایت می‌کند. در میان میکروارگانیسم‌های ریزوسفر، *Pseudomonas sp.* باکتری آزادزی است که خروج ریشه، کلونیزه کردن ریشه و تحریک رشد کلی گیاه را افزایش می‌دهد. همچنین جوانه‌زنی، توسعه ریشه، تغذیه معدنی و استفاده از آب را بهبود می‌دهد و همچنین می‌تواند بیماری‌های گیاهی را سرکوب کند. دستکاری ریزوسفر گیاهان زراعی از طریق تلقیح با *Pseudomonas fluorescens* برای کنترل زیستی پاتوژن‌های گیاهی بصورت قابل توجهی نشان داده شده است. (سعید اختر و صدیقی، ۲۰۰۸). باکتری‌های کلونیزه کننده ریشه جنس *Pseudomonas sp.*، PGPR بخوبی شناخته شده هستند که از طریق تعدادی مکانیسم بطور مستقیم رشد و بقاء پاتوژن‌های گیاهی را در ریزوسفر سرکوب می‌کنند (مکتون و همکاران، ۲۰۱۲). کنترل بیولوژیکی از طریق ریزوباکتری‌های ارتقا دهنده

رشد گیاه بویژه توسط *Pseudomonass* آنتاگونیست به عنوان ابزار محکمی جهت مبارزه با چندین پاتوژن خاک‌زی، از جمله برخی باکتری‌های پاتوژن، که به گیاهان هم منتقل می‌شوند، شناخته شده است (سینگ‌های و همکاران، ۲۰۱۱). علاوه براین *Pseudomonass* روی ریشه گیاهان در محیط ریزوسفر به شکل برجسته کلونیزاسیون انجام می‌دهند و حضور و فعالیت آنها در ریزوسفر می‌تواند بعنوان شاخص تغییرات بالقوه‌ای مورد استفاده باشد که استراتژی‌های کشاورزی پایدار بر جوامع میکروبی کارکردی دارد. مطالعات قبلی نشان داده‌اند که عملیات مختلف کشاورزی می‌تواند منجر به تغییراتی در ترکیب جمعیت‌های *Pseudomonass* در هر دو سطوح فیلوژنتیکی و کارکردی شود (براون و همکاران، ۲۰۰۹).

بهره‌برداری از میکروارگانیسم‌های ریزوسفری متحرک کننده فسفات بعنوان کود بیولوژیک، پتانسیلی برای بهبود کارایی استفاده از فسفات در کشاورزی دارد. *Pseudomonas fluorescens* بطور خاص برای ارائه خصوصیات متعدد توسعه دهنده رشد گیاه شامل بیوکنترل، تحریک رشد گیاه و بیوحاصلخیزی شناخته شده است (مکتون و همکاران، ۲۰۱۲). نژادهای *Pseudomonas fluorescens* در میان باکتری‌های ریزوسفر موثرترین هستند زیرا علاوه بر کنترل زیستی بیماری‌ها، آنها اثرات سودمندی بر رشد و توسعه گیاه دارند (سنتیل راجا و همکاران ، ۲۰۱۰). بررسی‌ها نشان می‌دهد که عملکرد دانه گندم بعد از تلقیح با نژادهای *Pseudomonas jessenii* و *Pseudomonas synxantha* افزایش یافته است که بطور عمده در نتیجه تعداد بیشتر پنجه‌های موثر بوده و اثرات آن بر شاخص برداشت و وزن هزار دانه گندم کمتر اهمیت داشته است. اما در برنج کاربرد تلقیح هیچ اثری بر عملکرد دانه نداشته است (مادر و همکاران، ۲۰۱۱). بیشتر بطور خاص *Pseudomonass* منتقل شده از خاک به دلیل تطبیق پذیری کاتابولیک، توانایی زیاد در کلونیزاسیون ریشه و ظرفیت تولید طیف وسیعی از آنزیم‌ها و متابولیت‌های آنها که به مقاومت گیاه در برابر شرایط استرسی زنده و غیر زنده کمک می‌کند، مورد توجه خاصی قرار گرفته‌اند (وسی، ۲۰۰۳). تفاوت معنی‌داری در درصد جوانه زنی بذرهای گیاه بادمجان بین بذرهای تلقیح شده با سودوموناس و تلقیح نشده مشاهده است. گیاهان

تلقیح شده ۳۱/۷٪ نسبت به گیاهان بدون تلقیح افزایش جوانه‌زنی را داشته‌اند. گیاهان تلقیح شده با سودوموناس رشد معنی‌دار بیشتری نسبت گیاهاه بدون تلقیح داشتند. همچنین در این تحقیق در غیاب باکتری با افزایش غلظت نمک رشد گیاه به تدریج کاهش می‌یافت (داردانلی و همکاران، ۲۰۰۸). با این حال برخی سویه‌های سودوموناس تعداد گره و ظرفیت آنها برای تثبیت نیتروژن در لوبیا و علف گاله‌گا *(Galega orientalis)* را کاهش داده‌اند (ایگامبردیوا و همکاران، ۲۰۱۰).

باکتری *Pseudomonas* بعنوان حل کننده موثر فسفات شناسایی شده است. این باکتری بطور شیمیایی فسفات تثبیت شده خاک و سنگ فسفات را حل می‌کند و فسفات آلی را برای حل شدن، معدنی می‌کند و عملکرد گیاهان زراعی را افزایش می‌دهد (سعید اختر، ۲۰۰۸). در یک مطالعه نشان داده شد که *Pseudomonas straita* رشد نخود را بهبود می‌دهد که نشان دهنده انحلال فسفر تثبیت شده است و برای بهبود رشد گیاه آلوده به نماتد از طریق کاهش تکثیر آنها شناخته شده است. با این حال *Pseudomonas* همچنین می‌تواند آنزیم‌هایی را سنتز کند که ممکن است سطح هورمون‌های گیاهی را تغییر دهد، آهن قابل دسترس را از طریق تولید سیدروفور محدود کند و همچنین می‌تواند پاتوژن‌های گیاهی را توسط تولید آنتی بیوتیک‌ها از بین ببرد (سعید اختر، ۲۰۰۸). سینگ‌های و همکاران، به نقل از دیلیپ و همکاران (۲۰۰۱) بیان کردند که تلقیح بذرهای نخود با *fluorescens Pseudomonas* منجر به افزایش ارتفاع ساقه، طول ریشه و وزن خشک گیاه نسبت به تیمارهای شاهد شد.

۲-۴- تاثیر ورمی‌کمپوست بر رشد و صفات گیاهان زراعی

استفاده ویژه از مواد شیمیایی در کشاورزی به دلیل اثرات سوء آنها بر میکروارگانیسم‌های خاک منجر به نگرانی‌های زیست‌محیطی شده است، که ممکن است منجر به خدشه‌دار شدن حاصلخیزی خاک گردد (وردنلی و همکاران، ۲۰۱۲). کمپوست‌هایی از قبیل ورمی‌کمپوست غنی از مواد غذایی قابل دسترس هستند و بنابراین جایگزین مناسبی برای کودهای مصنوعی جهت تولید محصولات

زراعی می‌باشند. ورمی‌کمپوست‌ها همچنین حاوی فعالیت میکروبی زیاد و محتوای تغذیه‌ای بالا هستند که رشد و سلامتی گیاهان را توسعه می‌دهند (زالر، ۲۰۰۷). در این رابطه ورمی‌کمپوست که مواد آلی تولید شده به وسیله فعل و انفعالات بین کرم‌های خاکی و میکروارگانیسم‌ها را تثبیت می‌کند، به عنوان منبع مفیدی جهت بهبود محتوای کربن خاک و حاصلخیزی آن پیشنهاد شده است (وردنلی و همکاران، ۲۰۱۲). اطلاعات موجود نشان داده است که ورمی‌کمپوست نقش مثبتی در افزایش تحریک فعالیت‌های میکروبی و افزایش تجزیه بازی می‌کند (رومرو و همکاران، ۲۰۱۰). هدف نهایی در تولید ورمی‌کمپوست، غنی سازی هوموس و افزایش فسفر قابل دسترس است (باساتو و همکاران، ۲۰۱۲). در تحقیقی که روی گیاه نخود انجام شد، مشخص گردید که مصرف سه تن در هکتار ورمی‌کمپوست، باعث افزایش بارز عملکرد بیولوژیک در مقایسه با شاهد می‌شود (جات و آهلاوات، ۲۰۰۶). نتایج یک پژوهش گلخانه‌ای که توسط ساینز و همکاران (۱۹۹۸) بر روی گیاهان شبدر قرمز (*Trifolium pratense*) و خیار صورت گرفت، مشخص گردید که مصرف ورمی‌کمپوست موجب افزایش قابل ملاحظه در عملکرد بیولوژیک در مقایسه با شاهد می‌شود (علیزاده و همکاران، ۱۳۸۸). گزارش زالر (۲۰۰۷) نیز مبین آن بود که استعمال ورمی‌کمپوست موجب بهبود معنی‌دار عملکرد بیولوژیک ارقام گوجه فرنگی نسبت به تیمار شاهد می‌گرد. همچنین تحقیات دیگری بیان می‌کنند که عملکرد فلفل، فلفل دلمه‌ای، گوجه فرنگی، توت فرنگی از طریق اصلاح خاک با ورمی‌کمپوست افزایش یافت افزایش یافته است (علیزده و همکاران و همکاران، ۱۳۸۸). آزمایشات گلخانه‌ای و مزرعه‌ای نشان داده‌اند که ورمی‌کمپوست سرعت رشد گیاه را افزایش می‌دهد (نگو همکاران، ۲۰۱۲). همچنین نگو و همکاران، (۲۰۱۲) به نقل از کانلاس و همکاران (۲۰۰۲) بیان کردند که هورمون‌های رشد گیاه موجود در ورمی‌کمپوست شروع رشد ریشه و ریشه‌های جانبی را در ذرت بهبود می‌دهند، در حالی که برطبق اطلاعات آلبانلا و همکاران(۱۹۸۸)، ورمی‌کمپوست بیشتر در نتیجه میزان پایین نمک‌های محلول، ظرفیت بالاتر تبادل کاتیونی و مواد هیومیک بیشتر مفید است (نگو و همکاران، ۲۰۱۲). علاوه بر افزایش عملکرد؛ این ماده می‌تواند مقاومت گیاهان به آفات را

افزایش دهد (لیتل و همکاران، ۲۰۱۱). تغذیه گیاهان با ورمی‌کمپوست همچنین منجر به کاهش کارایی فعالیت کاترپیلار (یکی از بال پولکداران) در ذرت شده است (کاردوزا، ۲۰۱۱). علاوه براین، اثر اصلاحات ورمی‌کمپوست بر رشد گیاه و آبشویی مواد غذایی بخوبی مستند شده است، ولی اثر آن بر ذخیره سازی کربن و چرخه بیوشیمیایی آن کمتر شناخته شده است (نگو و همکاران، ۲۰۱۲)

۲-۵- تاثیر اسید هیومیک بر رشد و صفات گیاهان زراعی

در یک مقاله (۲۰۰۷) نشان داده شده است که مواد هیومیک استخراج شده از آب می‌توانند افزایش جذب سطحی از طریق بازسازی مورفولوژیکی را به ریشه القاء کنند (مارو و همکاران، ۲۰۱۲). اسیدهای هیومیک قادر به تحریک گسترش ریشه‌های جانبی همراه با فعال کردن آنزیم‌های H^+-ATPases واکوئلی و پلاسمالمایی و H^+-ATPase تونوپلاستی می‌باشند. همچنین نشان داده شده که اسیدهای هیومیک می‌توانند با تراوش اسید آلی ریشه تعامل داشته باشند. و قادر به تغییر سطح ریشه، طول ریشه اصلی، تعداد ریشه‌های جانبی و تراکم ریشه‌های جانبی هستند. در این زمینه تعداد زیادی گزارش وجود دارند که نشان می‌دهند که مواد هیومیک که از طیف وسیعی از خاک‌ها استخراج شده‌اند، قادر به افزایش تنفس گیاهان عالی می‌باشند (مارو و همکاران، ۲۰۱۲). زاندونادی و همکاران (۲۰۱۰) ادعا کردند که اسیدهای هیومیک گسترش ریشه‌های جانبی ذرت را افزایش می‌دهند. همچنین در یک مطالعه نشان داده شد که اسیدهای هیومیک از طریق تولید هورمون‌های گیاهی مانند اکسین، تعداد ریشه‌های ثانویه، تعداد سلول، اندازه سلول و ضخامت ریشه گیاه خیار را افزایش می‌دهند (مارو همکاران، ۲۰۱۲). نشان داده شده است که استفاده از اسید هیومیک در کشت گندم در نتیجه افزایش جذب مواد غذایی از جمله آهن، کلروز برگی را کاهش می‌دهد. اسید هیومیک با افزایش قابلیت نفوذپذیری غشاهای گیاهی موجب بهتر شدن جذب عناصر غذایی می‌شود. در مطالعه به عمل آمده در فلوریدا، مصرف اسیدهای هیومیک رشد گیاه کاشته شده را ۲۵۰ برابر افزایش داد (ناسوتی میاندوآب و همکاران، ۱۳۹۰). در گیاهان دارویی موجب زیاد شدن میزان آلکالوئیدها در

برگ‌ها می‌شود. همچنین اسیدهیومیک سبب افزایش اتنقال گلوکز از بین غشاهای سلولی در گیاهانی مانند پیاز، آفتابگردان و چغندر و موجب افزایش میزان کربوهیدرات در سیب زمینی، چغندر، هویج و گوجه فرنگی می‌شود (قربانی و همکاران، ۱۳۸۹).

اسید هیومیک فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز را در شاخه و برگ ریشه گیاه برنج نسبت به شاهد تحریک کرده و فعالیت اکسیداتیو را در زمان‌های مختلف در اندام‌های مختلف برنج را کاهش داده است (کالدرین و همکاران، ۲۰۱۲). تعدادی از مطالعات ارتباط ممکن بین اثرات مواد هیومیک و ظرفیت آنها برای بهبود جذب آهن توسط گیاه در شرایط کمبود آهن را گزارش کرده‌اند (الینا و همکاران، ۲۰۰۹). در واقع پینتون و همکاران نشان دادند که بخش ویژه‌ای از مواد هیومیک می‌تواند بعضی از واکنش‌های گیاه مانند فعالیت‌های آنزیم‌های ریشه‌ای مانند PMH^{+}-ATPase (PM: غشای پلاسما) و آنزیم‌های کلات کننده ردوکتاز را نسبت به کمبود آهن افزایش دهد. برخی مطالعات نشان می‌دهد که کاربرد ریشه‌ای اسید هیومیک خالص بدست آمده از لئوناردیت بطور معنی‌داری بر واکنش‌های اصلی فیزیولوژیکی در استراتژی گیاهان به کمبود آهن بر کمبود این عنصر در گیاه خیار تاثیر گذاشته است (الینا و همکاران، ۲۰۰۹). مواد هیومیک عملکرد و کیفیت انواع گیاهان از جمله غلات را بهبود می‌دهند. عملکرد گیاهان زراعی با مواد آلی می‌تواند به اندازه افزایش عملکرد در نتیجه کاربرد کودهای NPK باشد. به عنوان مثال کاربرد اسید هیومیک به میزان ۳۰۰-۵۰ میلی گرم بر کیلوگرم باعث افزایش معنی‌دار بیوماس ریشه و ساقه در ذرت گلدانی شده است، و میزان ۱۰۰-۵۰ میلی گرم در محلول بالاترین پاسخ رشد را نتیجه داده است. در یک مطالعه در پاکستان با کاربرد سطح‌های مختلف اسید هیومیک در خاک‌های آهکی و غیرآهکی بصورت کاربرد برگی در کشت گندم، تجزیه آماری اختلافات معنی‌دار را در میان سطح‌های اسیدهیومیک برای هر نوع خاک برای وزن تازه ساقه، ارتفاع و وزن خشک ساقه را نشان داد (طاهر و همکاران، ۲۰۱۰).

۲-۶- اثر متقابل ورمی‌کمپوست و PGPR بر رشد و صفات گیاهان زراعی

با وجود اینکه کاربرد دراز مدت مقدارهای زیاد کودهای معدنی ممکن است عملکرد گیاه را افزایش دهد، همچنین ممکن است تنوع، بیوماس و فعالیت میکروبی را کاهش دهد (آیرا و همکاران، ۲۰۱۲). اجتناب از این قبیل اثرات منفی بر میکروارگانیسم‌های خاک ممکن است از طریق کاربرد کودهای ارگانیک امکان‌پذیر باشد (آیرا و همکاران، ۲۰۱۲). عملیات حاصلخیزی خاک که بر کمپوست‌های آلی تکیه می‌کنند تنوع و جمعیت جانوران خاک و بیوماس میکروبی را افزایش می‌دهند که به رشد گیاه کمک می‌کند (کاردوزا، ۲۰۱۱). نگو و همکاران (۲۰۱۱) پارامترهای شیمیایی کمپوست و ورمی‌کمپوست مورد استفاده برای اصلاح خاک تخریب شده گرمسیری را مقایسه کردند و به این نتیجه رسیدند که کمپوست ممکن است برای بیوماس میکروبی خاک در نتیجه مشارکت بالاتر ترکیبات فرار کمتر قابل دسترس باشد. زمانی‌که کرم‌های خاکی به صورت بومی در خاک وجود دارند، مواد آلی ایجاد می‌کنند که ممکن است بر فعالیت میکروبی و تنوع زیستی همچنین شیمی ماده آلی خاک تاثیر گذار باشند (نگو و همکاران، ۲۰۱۲). تیمار بذر نخود با *Pseudomonas* سویه PUR46 به تنهایی و نیز در ترکیب با ورمی‌کمپوست در سه سطح متفاوت مرگ گیاهچه نخود را کاهش داده است (پیرومایو و همکاران و ، ۲۰۱۱). ساهنی و همکاران (۲۰۱۰) در کشت گلدانی با ورمی‌کمپوست بدون تلقیح باکتریایی، افزایش مشخصی در تجمع *N*، *P*، *K*، *Mn* و *Fe* را در گیاهچه‌های نخود در مقایسه با تیمارهای فقط در خاک کشت شده بودند، مشاهده کردند. لیتل و همکاران (۲۰۱۱) به نقل از گوتیرز- میسلی و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که ورمی‌کمپوست یک وسیله سودمند و حمایتی برای رشد *Rhizobiom* است و مصرف مکمل‌های آن با باکتری‌های دیازوتروفیک و قارچ میکوریزا منجر به افزایش رشد ذرت گردیده است. محمدی آریا و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که ورمی‌کمپوست تلقیح شده با باکتری *Thiobacillus* اثر مثبتی بر تبدیل سنگ فسفات به فسفات محلول در آب داشته است. کوماری و یوشا کوماری(۲۰۰۲) گزارش کردند که ورمی‌کمپوست غنی

شده با سنگ فسفات، فراهمی زیستی فسفر را نشان داده است و این فراهمی منجر به افزایش عملکرد و جذب مواد غذایی در لوبیای چشم بلبلی شده است که می‌تواند ناشی از بهبود فعالیت باکتری‌های گرهک‌ساز در اثر دریافت مواد غذایی بیشتر باشد. در یک آزمایش تلقیح ذرت علوفه‌ای با PGPR و کاربرد ورمی‌کمپوست منجر به افزایش قابل مشاهده در توسعه ریشه و ساقه بویژه در طول استقرار گیاه گردید و تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به وزن خشک ساقه و ریشه ذرت علوفه‌ای با استفاده از آزمون F نشان داد که تلقیح PGPR افزایش معنی‌داری در بیوماس ریشه و ساقه در مقایسه با شاهد نتیجه داده است. آزوسپیریلوم همراه با کمپوست قادر به افزایش وزن خشک ساقه بوده است (پیرومایو و همکاران، ۲۰۱۱). مرادی و همکاران (۱۳۸۸) به نقل از سینگ و کاپور (۱۹۹۸) با بررسی تاثیر ازتوباکتر و کمپوست در نخود، گزارش کردند که استفاده از کودهای بیولوژیک باعث افزایش تعداد شاخه جانبی ماش (*Vigna radiata*) می‌شود. همچنین به نقل از گما و ابوعلی (۲۰۰۱) گزارش کردند تعداد چترک در چتر رازیانه تحت تأثیر کمپوست و باکتری حل کننده فسفات افزایش یافت.

۲-۷- اثر متقابل ورمی‌کمپوست و اسید هیومیک بر رشد گیاهان زراعی

حفظ بهره‌وری خاک اولویت بالایی در بخش کشاورزی است. کاهش در حاصلخیزی و بهره‌وری خاک در نتیجه فرسایش بیش از حد، شستشوی مواد غذایی و کاهش ماده آلی خاک بطور کلی علاقه به بهبود کیفیت خاک از طریق اضافه کردن کودهای آلی از منابع مختلف را بر انگیخته است. فرآیند کمپوست کردن یک روش مفید برای تولید مواد آلی تثبیت شده است که می‌تواند به عنوان یک منبع غذایی و نرم کننده خاک مورد استفاده قرار گیرد. این روش معمولا به دو قسمت تقسیم می‌شود: قسمت اول از طریق فعالیت شدید میکروبی مشخص می‌شود که منجر به تجزیه بیشتر مواد تجزیه‌پذیر و ثبات بقایای آلی می‌شود. قسمت دوم (مرحله هومیفیکاسیون) از طریق تبدیل بخشی از موادآلی باقیمانده به مواد هیومیک است (کامپیتلی و سپی، ۲۰۰۸). محتوای کربن برای اسیدهیومیک ظاهرا با زمان کمپوست کردن یا ورمی‌کمپوست کردن افزایش می‌یابد که ممکن است نشان دهد که

حضور زیاد واحدهای ساختاری اسیدهای هیومیک بعنوان غلظت مولکول‌های مقاوم باشد (کامپیتلی و سپی، ۲۰۰۸). اسیدهیومیک جدا شده از کمپوست و ورمی‌کمپوست محتوای نیتروژن و هیدروژن بالاتری نسبت به اسید هیومیک خاک ارائه می‌دهد، که احتمالا در نتیجه ادغام گروه‌های حاوی نیتروژن (احتمالا مواد پروتئین دار) و پلی‌ساکاریدهای دارای ساختار مشابه است؛ که ممکن است توسط فعالیت‌های میکروبی تجزیه شده باشند هنگامی که فرایند زمان بیشتری طول می‌کشد (کامپیتلی و سپی، ۲۰۰۸). معمولا نسبت‌های بزرگتر ورمی‌کمپوست‌های جایگزین شده در محیط رشد دارای مواد هیومیک، توسعه گیاه را خیلی بیشتر از نسبت‌های کوچک افزایش نداده است. فعالیت کرم خاکی هومیفیکاسیون موادآلی را شتاب می‌دهد و تاثیر آنها در افزایش جمعیت میکروبی، حضور مواد شبیه اکسین و جیبرلین و همچنین اسیدهای هیومیک را زیاد می‌کند. علاوه‌براین با استفاده از زیست سنجی اکسین، جیبرلین و سیتوکینین نشان داده شده که اسیدهای هیومیک سبب تحریک رشد گیاه می‌شوند (عطیه و همکاران، ۲۰۰۲).

۲-۸- اثر متقابل PGPR و اسید هیومیک بر خصوصیات میکروبی و شیمیایی خاک

اسید هیومیک بطور طبیعی فعالیت میکروبی در خاک را افزایش می‌دهد که به نوبه خود توده ریشه بزرگتر و سالم‌تر را افزایش می‌دهد. در خاک‌هایی که اکسید کننده‌های آمونیاک با گیاهان و باکتری‌ها برای آمونیاک قابل دسترس رقابت می‌کنند، اسیدهای هیومیک ممکن است نقشی را در تنظیم آمونیاک قابل دسترس در نتیجه خواص جذبی خود بازی کنند. اسیدهای هیومیک نقش مهمی را در چرخه نیتروژن جهانی از طریق اثرشان بر توزیع، زیست فراهمی، و سرنوشت نهایی نیتروژن آلی رسوبی بازی می‌کنند. ترکیبات هیومیک می‌توانند نیتروژن را از طریق ساختار خود هم بطور مستقیم از طریق واکنش‌های شیمیایی و یا بطور غیرمستقیم از طریق فعالیت‌های میکروبی و تجزیه بیوماس میکروبی پس از آن ترکیب کنند (دونگ و همکاران، ۲۰۰۹). احتمالا این اثرات در نتیجه تاثیر بر جمعیت باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن می‌باشد.

۲-۹ اثر تلقیح ترکیبی PGPR مختلف بر رشد و صفات گیاهان زراعی

PGPR مختلف، در ترکیب با *Rhizobiom* کارآمد می‌توانند رشد و تثبیت نیتروژن را در گره‌های لگوم بهبود دهند (تیلاک و همکاران، ۲۰۰۶). PGPR پتانسیل توسعه رشد، ازدیاد گره در گیاهان لگوم با ریزوبیوم‌ها، را دارند و از رشد پاتوژن‌های گیاهی جلوگیری می‌کنند (احمد و همکاران، ۲۰۰۸). در ریزوسفر ریشه اثر سینرژیستی بین انواع جنس باکتری از قبیل باسیلوس‌ها، سودوموناس‌ها، و ریزوبیوم‌ها برای توسعه و رشد گیاه نشان داده شده است (ایگامبردیوا و همکاران، ۲۰۱۰).

شهزاد و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که تلقیح با *Pseudomonas fuorscens* و *Mesorhizobium ciceri* و دو نوع باکتری دیگر در مقایسه با تیمار فقط ریزوبیوم افزایش معنی‌داری در تعداد و وزن گره‌ها داشته است و تلقیح ترکیبی با این PGPR بطور معنی‌داری، باعث افزایش رشد و عملکرد گیاهان نخود در مقایسه با گیاهان تلقیح شده با *Mesorhizobium ciceri* (فقط ریزوبیوم) شده است. همچنین نشان دادند که تلقیح با PGPR بطور معنی‌داری رشد و عملکرد دانه نخود در شرایط مزرعه را افزایش می‌دهد. نتایج مشابهی در آزمایشات دیگری در شرایط کنترل شده و شرایط طبیعی در خاک به دست آمده است که نشان می‌دهند که بیوماس ریشه بطور معنی‌داری در تلقیح مشارکتی با مزوریزوبیوم همراه با دیگر نژادهای PGPR حاوی ACC-deaminase نست به آنچه با مزوریزوبیوم به تنهایی مشاهده گردیده، بزرگتر بوده است (کیپکزینسکی و کیپکزینسکا، ۱۹۹۷). در یک تحقیق، تلقیح ترکیبی گیاهان نخود با قارچ *Glomus intraradices* و *Pseudomonas straita* همراه با ریزوبیوم *Rhizobium sp.* باعث افزایش وزن خشک ساقه بیشتری نسبت به تلقیح *G. intraradices* همراه *P. straita* یا تلقیح *G. intraradices* و *Rhizobium sp* شده است. هرچند استفاده *P. straita* همراه با ریزوبیوم *Rhizobium sp.* برای گیاهان بدون پاتوژن باعث افزایش مشابهی در وزن خشک ریشه نسبت به تلقیح ترکیبی شده است. همچنین تلقیح گیاهان نخود آلوده به پاتوژن (نماتد *Meloidogyne incognita*) با *P. straita* و *Rhizobium sp.* همراه با *G.*

intraradices باعث افزایش معنی‌داری در وزن خشک ساقه شد. در این تحقیق تلقیح با *Rhizobium sp*، *P. straita* و *G. intraradices* هم به تنهایی و هم بصورت ترکیبی تعداد غلاف را در گیاهان آلوده و غیر آلوده به پاتوژن نخود بطور معنی‌داری افزایش داد. تلقیح Rhizobium sp. همراه با *P. straita* یا *G. intraradicse* گره‌سازی در هر سیستم ریشه را بیش از گیاهان تلقیح شده با *Rhizobium sp.* به تنهایی بیشتر افزایش داده است. تلقیح گیاهان بدون نماتد با این ریزجانداران به تنهایی و به صورت ترکیبی باعث افزایش معنی‌داری در محتوای کلروفیل، نیتروژن، فسفر و پتاسیم نسبت به گیاهان بدون تلقیح شاهد شد. *Rhizobium sp.* و *P. straita* زمانی که باهم تلقیح شده بودند رشد را بهبود داده و تکثیر نماتد را بیشتر از زمانی که به تنهایی تلقیح شده بودند، کاهش دادند. این ممکن است در نتیجه افزایش قابلیت دسترسی به نیتروژن و فسفر ساخته شده از طریق این باکتری‌ها باشد. ثابت شده که این مواد غذایی اثر سوئی بر تکثیر نماتد داشته‌اند (سعید اختر و صدیقی، ۲۰۰۸). در تحقیقات دیگری هم استفاده از *Rhizobiom* یا *Pseudomonas* برای کاهش تکثیر نماتد در نخود گزارش شده است (صدیقی و سینگ، ۲۰۰۵). بعلاوه استفاده ترکیبی از *Rhizobiom* و *Pseudomonas* رشد ریشه را بهبود می‌دهد که ممکن است در نتیجه افزایش رشد گیاه باشد (سعید اختر و همکاران، ۲۰۰۸). تلقیح دوگانه با *Rhizobiom* و دیگر باکتری‌های توسعه دهنده رشد گیاه برای افزایش قابل توجه مجموع تعداد گره چندین لگوم، فعالیت‌های کاهش استیلن، رقیق سازی N_{15} و مجموع محتوای نیتروژن مواد غذایی ماکرو و میکرو در مقایسه با تلقیح منفرد *Rhizobiom* نشان داده شده‌اند (داردانلی و همکاران، ۲۰۰۸).

۲-۱۰- اثرات ورمی‌کمپوست و PGPR بر میزان فسفر خاک

۲-۱۰-۱- اثر ورمی‌کمپوست بر میزان فسفر خاک

ظرفیت میکروب‌های مشخص خاک برای انحلال ترکیبات نامحلول فسفاته امکانی برای القاء انحلال میکروبی فسفات از طریق ورمی‌کمپوست در خاک را باز کرده است. حفظ فسفر در خاک از

طریق تشکیل کمپلکس با یون‌های هیدروکسی آهن و آلومینیوم وسعت قابلیت دسترسی زیستی به فسفر را برای گیاهان اداره می‌کند. این مسئله می‌تواند از طریق بکاربردن ورمی‌کمپوست در خاک برطرف شود. همچنین کاربرد ورمی‌کمپوست افزایش در محتوای عناصر غذایی ماکرو و میکرو خاک را نشان می‌دهد (پرامانیک و همکاران، ۲۰۰۹). ورمی‌کمپوست فسفر قابل دسترس را در خاک افزایش می‌دهد. در طی یک بررسی که توسط پرامانیک و همکاران، (۲۰۰۹) صورت گرفت، ورمی‌کمپوست محتوای فسفر قابل دسترس را در خاک بعد از ۹۰ روز از افزودن آن به خاک (۱۳-۲۶٪) افزایش داد. در این آزمایش ورمی‌کمپوست به دست آمده از کود گاوی منجر به بیشترین محتوای فسفر در خاک نسبت به دیگر تیمارها شد. کاربرد ترکیبی سنگ فسفات و ورمی‌کمپوست بطور معنی‌داری محتوای فسفر خاک را نسبت به کاربرد جداگانه آنها افزایش داد. نتایج این آزمایش نشان می‌دهد که محتوای فسفر خاک در تیمار با ورمی‌کمپوست و سنگ فسفات از لحاظ آماری دارای تعادل است. تجزیه دوره‌ای فسفر قابل دسترس یک کاهش اولیه در محتوای فسفر در خاک بعد از ۷ روز از انکوباسیون ورمی‌کمپوست را نشان داد. اما محتوای فسفر بعد از ۶۰ روز از انکوباسیون ورمی‌کمپوست در خاک بطور کلی افزایش یافت. کاهش اولیه در محتوای فسفر در خاک تیمار شده با ورمی‌کمپوست می‌تواند از طریق کاربرد سنگ فسفات در ترکیب با ورمی‌کمپوست اجتناب شود یا به حداقل برسد. با اضافه نمودن یک برابر ورمی‌کمپوست و ۵ برابر خاک، فعالیت آنزیم‌های فسفاتاز قلیایی و پروتئاز به طور معنی‌داری افزایش یافت (احمدپور و همکاران، ۱۳۹۰). محققین به نقل از ساها و همکاران (۲۰۰۸) اعلام نمودند که با اضافه کردن ۳ نوع کود آلی فضولات دامی، کمپوست و ورمی‌کمپوست فعالیت فسفاتاز اسیدی افزایش می‌یابد. در یک آزمایش بیشترین میزان فسفر قابل جذب در تیمار ورمی‌کمپوست (۷۰/۲۶ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک) که سه سال متوالی ۴۰ تن در هکتار ورمی‌کمپوست مصرف شده بود، و کمترین مقدار فسفر (۲۹/۸۵ میلیگرم در کیلوگرم خاک) در تیمار شاهد گزارش گردید (احمدپور و همکاران، ۱۳۹۰).

۲-۱۰-۲- اثر PGPR بر میزان فسفر خاک

بعد از نیتروژن فسفر محدود کننده تغذیه برای گیاه در اغلب خاک‌ها است و آن اغلب از طریق تثبیت بصورت اکسیدهای/هیدروکسیدهای آلومینیوم و آهن یا بارندگی بصورت محلول ضعیف کلسیم-فسفر، آهن-فسفر و آلومینیوم-فسفر فسفر را غیر متحرک می‌کند (براون وهمکاران، ۲۰۰۹؛ ریچاردسون، ۲۰۰۱). نشان داده شده است که خیلی از باکتری‌های خاک از جمله گونه‌های سودوموناس، ازتوباکتر، باسیلوس‌ها، ریزوبیوم‌ها و همچنین قارچ‌ها دارای توانایی حل کردن فسفر قابل دسترس می‌باشند (احمد و همکاران، ۲۰۰۸). بهره برداری از میکروارگانیسم‌های ریزوسفری متحرک کننده فسفات بعنوان کود بیولوژیک پتانسیلی برای بهبود کارایی استفاده از فسفات در کشاورزی دارد (براون و همکاران، ۲۰۰۹).

باکتری‌های حل کننده فسفات، فسفر تثبیت شده در خاک را حل می‌کنند و منجر به عملکرد بالاتر محصول می‌شوند (علیمددی و همکاران، ۱۳۸۹). اسیدهایی که توسط این میکروارگانیسم‌ها تولید می‌شود، قادرند حلالیت سنگ فسفات را افزایش دهند (جاینشوار و همکاران، ۲۰۰۲). سروینو و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که شماری از باکتری‌های دیازوتروفیک مانند *Pseudomonas* قادر به حل کردن فسفات علاوه بر انجام تثبیت بیولوژیکی نیتروژن مولکولی می‌باشند. افزایش فراهمی زیستی فسفر با این میکروارگانیسم‌ها، شامل تولید اسیدهای آلی که فسفر غیرآلی را حل می کنند، و کاهش pH می‌باشد. همچنین باساتو و همکاران (۲۰۱۲) به نقل از عیوضی و طباطبایی (۱۹۷۷) گزارش کردند که این باکتری‌ها فرم‌های آلی فسفر را معدنی کرده و آن را برای گیاه قابل دسترس می‌سازند. تاو و همکاران (۲۰۰۸) بیان کردند که باکتری‌های حل کننده فسفات قادرند بین۴۲-۲۵ $\mu g.\ mL^{-1}$ فسفر معدنی را حل کنند و مقدار $\mu g.\ mL^{-1}$ ۱۸-۸ فسفر آلی را معدنی نمایند. استفاده از باکتری‌های حل کننده فسفات همراه با سوپر فسفات ساده یا سنگ فسفات استفاده از کودهای فسفر را به ترتیب ۲۵ تا ۵۰ درصد کاهش داده‌اند (ساندرا و همکاران، ۲۰۰۲). نژادهای مختلف

Pseudomonas میزان درصد حلالیت فسفر را در خاک افزایش می‌دهند (قادری و همکاران، ۲۰۰۸). براون و همکاران، (۲۰۰۹) نیز به نقل از رودریگز و فراگا (۱۹۹۹) گزارش کردند که باکتری‌های *Pseudomona Straita* و *Bacillus polimixa* به ترتیب منجر به حلالیت ۱۵۶ $mg.L^{-1}$ و ۱۱۶ فسفر شدند. *Pseudomonas fluorescens* باعث حلالیت ۱۰۰ $mg.L^{-1}$ فسفر خاک شد (هنری و همکاران، ۲۰۰۸). *Pseudomonas* بعنوان حل کننده موثر فسفات شناسایی شده است. این باکتری بطور شیمیایی فسفات تثبیت شده خاک و سنگ فسفات را حل می‌کند و فسفات آلی را برای حل شدن معدنی می‌کند و عملکرد گیاهان زراعی را افزایش می‌دهد (سینگ‌های و همکاران، ۲۰۱۱).

فصل سوم

مواد و روش‌ها

۳-۱- نوع طرح آزمایشی

مطالعه مذبور از نوع آزمایشات فاکتوریل ۳×۲×۲ و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی بود که در ۳ تکرار و ۳۶ کرت آزمایشی اجرا گردید. هر تکرار ۳۴ متر طول و ۵ متر عرض داشت که به ۱۲ کرت به ابعاد ۲/۴ × ۵ متر تقسیم گردید. هر کرت شامل ۶ ردیف با فاصله ۳۵ سانتیمتر بود و گیاهان با فاصله بین بوته ۱۵ سانتیمتر روی ردیف‌ها کشت شدند. فاصله بین کرت‌ها ۷۵ سانتیمتر و فاصله بین بلوک‌ها یک متر در نظر گرفته شد.

۳-۲- تیمارهای آزمایشی

فاکتورهای مورد بررسی در این آزمایش شامل ورمی‌کمپوست (فاکتور A)، باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) (فاکتور B) و اسید هیومیک (فاکتور C) بودند. که در ادامه توضیح داده خواهند شد.

۳-۲-۱- ورمی‌کمپوست

ورمی‌کمپوست مورد استفاده در ۲ سطح (عدم مصرف و ۶ تن در هکتار) به صورت مخلوط با خاک قبل از کاشت به کار برده شد. مشخصات این کود در جدول (۱-۳) آمده است.

جدول ۱-۳ ویژگی‌های ورمی‌کمپوست مورد استفاده

شماره آزمایشگاه	مشخصات نمونه	هدایت الکتریکی ds/m Ecx10^{-3}	اسیدیته کل اشباع pH of paste	درصد کربن آلی (OC %)	نیتروژن (N) (mg/l)	فسفر (P) (mg/l) ٪	پتاسیم (K) (mg/l) ٪	آهن Fe (ppm)	منگنز Mn (ppm)	روی Zn (ppm)	مس Cu (ppm)
۲۱	ورمی‌کمپوست	۰/۹۲	۷/۳۳	۱۶/۲	۱/۶۲	۱/۸۱	۱/۴۸	۱۷۲۰	۴۶۰	۶۵	۲۱/۵

۳-۲-۲- PGPR

در این تحقیق PGPR مخصوص نخود با نام تجاری ریزوچک (Rhizochek) که ترکیبی از سه نوع باکتری مختلف (*Mesorhizobium ciceri*، *Pseudomonas fluorescens* و *Azospirillum brasilense*) بود به میزان یک کیلوگرم در هکتار در ۲ سطح (تلقیح و عدم تلقیح) مورد استفاده قرار گرفت. شیوه کاربرد آن بصورت تلقیح با بذر بود که این کار در سایه و همزمان زمان با کشت انجام شد زیرا در غیر این صورت کارایی تلقیح کاهش پیدا می‌کرد. این کود بیولوژیک فقط مخصوص نخود بوده و برای سایر گیاهان زراعی قابل توصیه نیست و هیچگونه اثر سوئی بر انسان و حیوانات ندارد. این کود بیولوژیک تحت لیسانس موسسه تحقیقات آب و خاک کشور عرضه شده است.

۳-۲-۳- اسید هیومیک

اسید هیومیک مورد استفاده با نام تجاری گرین‌هام (GREEN HUM) و به صورت ترکیب پودری در ۳ سطح (۰، ۸ و ۱۶ کیلوگرم در هکتار) بصورت مصرف خاکی در داخل ردیف‌ها قبل از کاشت استفاده شد. این ماده دارای غلظت بالایی (در حدود ۸۰٪) اسید هیومیک خالص است، منشا کانی معدنی لئوناردیت دارد. دارای ۹۲/۸٪ مواد آلی است که ۷۵٪ اسید هیومیک و ۵٪ اسید فولویک می‌باشد. این کود آلی همچنین به شکل مایع نیز وجود دارد. شکل پودری آن به گونه‌ای است که می‌توان آن را در سیستم های آبیاری و محلول پاشی برگی استفاده کرد و استفاده خاکی آن باعث تقویت فعالیت‌های بیولوژیکی خاک می‌شود. برخی مشخصات فیزیکی اسید هیومیک مصرفی: چگالی g/L ۹، اسیدیته (pH) برابر با ۹ و هدایت الکتریکی µS/cm ۲۳۹ است.

۳-۳- بذر مورد استفاده

بذر نخود مورد استفاده رقم کابلی بوده که به میزان ۶۰ کیلوگرم در هکتار کاشته شد. این بذر دارای رنگ سفید مایل به کرم و دانه درشت است و وزن هزار دانه آن بین ۳۵ تا ۴۵ گرم است.

۳-۴- زمان اجرای طرح آزمایشی و ویژگی‌های جغرافیایی محلی آن

این طرح در فروردین سال ۱۳۹۱ در نزدیکی شهرستان جوانرود از توابع استان کرمانشاه اجرا گردید. زمین با گاو آهن شخم زده شد و سپس تسطیح گردید. در تاریخ ۹۱/۱/۶ عملیات کاشت انجام شد. آب و هوای این منطقه از نوع معتدل کوهستانی است. دارای زمستان سرد و تابستان‌های خنک می‌باشد. میانگین بارندگی سالانه آن ۶۰۰ میلی‌متر است که بیشترین مقدار بارش در بهمن ماه رخ می‌دهد. شهرستان جوانرود در منطقه‌ای با طول جغرافیایی °۴۶/۳۰ شرقی و عرض جغرافیایی °۳۴/۴۶ شمالی و ارتفاع ۱۳۳۹ متری از سطح دریا واقع شده است. میانگین بارندگی و دما در دوره اجرای طرح در جدول ۲-۳ نشان داده شده است میانگین بارندگی منطقه جوانرود در سال زراعی (۹۰/۹۱) ۴۸۶ میل‌متر بوده است.

جدول ۲-۳ وضعیت هواشناسی در دوره اجرای طرح (سال ۱۳۹۱)

ماه	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر
وضعیت بارندگی (میلی متر)	۷۱	۳۲	۰	۰
وضعیت دما (سانتیگراد)	۱۲	۱۹	۲۵	۳۶

۳-۵- ویژگی‌های خاکشناسی محل

جهت انجام آزمون خاک و مشخص کردن ویژگی‌های خاکشناسی خاک مزرعه نمونه‌برداری از عمق ۰-۳۰ سانتیمتری صورت گرفت. برای این کار سطح مزرعه به ۴ قسمت مساوی تقسیم شده و از هر قسمت یک نمونه ترکیبی خاک برداشته شد. سپس این نمونه‌ها باهم ترکیب شده و یک نمونه از آن به آزمایشگاه فرستاده شد. با توجه به نتایج آزمون، خاک آهکی می‌باشد. سایر مشخصات آن در جدول۳-۳ آورده شده است.

جدول ۳-۳ ویژگی‌های خاکشناسی خاک محل کشت درعمق ۰-۳۰ سانتیمتر

شماره آزمایشگاه	محل نمونه برداری	عمق نمونه برداری	درصد S.P	فسفر (mg/l) (P)	هدایت الکتریکی $ds/m\ Ecx10^{-3}$	اسیدیته کل اشباع pH of paste	درصد مواد خنثی شونده T.N.V	پتاسیم (mg/l) (K)	درصد کربن آلی	نفوذپذیری (cm/h)	FC %	PWP %	نیتروژن (mg/l) (N)	وزن مخصوص ظاهری (g/cm)	Sand %	Silt %	Clay %	CLASS
۱۷	جوانرود	۱۰-۵	۴۹	۶/۵	۰/۵۵	۷/۶	۳۸/۷۵	۴۴۰	۱/۱۷	۱/۲	۳۰	۱۶	۰/۱۱۷	۱/۴	۲۶	۳۵	۳۹	C-L

۳-۶- نقشه و چگونگی اجرای طرح

برای اجرای طرح پس از انجام شخم و تسطیح زمین، ابتدا زمین به ۳ تکرارتقسیم شد، سپس هر تکرار به ۱۲ کرت و هر کرت نیز به ۶ ردیف تقسیم گردید. برای اعمال تیمارها ابتدا ورمی‌کمپوست در کرت‌های مورد نظر به میزان لازم (۷/۲ کیلوگرم برای هر کرت و ۱/۲ کیلوگرم برای هر ردیف) با خاک مخلوط شد بعد از آن در روی هر ردیف شیاری به عمق تقریبا ۵ سانتیمتر ایجاد گردید. سپس اسید هیومیک در کرت‌های مورد نظر اختصاص یافته بود، اعمال گردید. اعمال آن به این صورت بود که ابتدا اسید هیومیک پودری با مقدار مشخصی خاک پودر شده مزرعه مخلوط شد زیرا در غیر این صورت اسید هیومیک به علت وزن خیلی کم و وجود باد در محل به درستی به مورد استفاده قرار نمی‌گرفت. بعد از این کار تلقیح بذر با PGPR انجام شد. البته برای هر کرت تلقیح در زمان کاشت آن انجام می‌شد. در پایان بذرهای نخود به فاصله ۱۵ سانتیمتر از یک دیگر در درون شیارهای ایجاد شده قرار داده شدند و به اندازه ۵ سانتیمتر خاک روی آنها قرار داده شد.

جدول ۴-۳ نقشه طرح آزمایشی مورد استفاده

$v_1p_1h_2$	$v_0p_0h_1$	$v_1p_1h_1$	$v_0p_1h_1$	$v_1p_0h_0$	$v_1p_0h_1$	$v_1p_1h_0$	$v_0p_1h_0$	$v_0p_0h_0$	$v_1p_0h_2$	$v_0p_0h_2$	$v_0p_1h_2$
$v_1p_1h_0$	$v_0p_0h_2$	$v_0p_0h_0$	$v_1p_1h_1$	$v_0p_1h_2$	$v_1p_0h_1$	$v_0p_1h_1$	$v_1p_0h_0$	$v_1p_1h_2$	$v_1p_0h_2$	$v_0p_1h_0$	$v_0p_0h_1$
$v_1p_1h_1$	$v_0p_1h_0$	$v_0p_1h_1$	$v_0p_1h_2$	$v_1p_1h_2$	$v_1p_1h_0$	$v_1p_0h_0$	$v_0p_0h_1$	$v_0p_0h_2$	$v_0p_0h_0$	$v_1p_0h_2$	$v_1p_0h_1$

۳-۷- زمان و نحوه نمونه برداری‌ها

برای مطالعه و بررسی صفات مورفولوژیک گیاه نخود (وزن خشک اندام‌های هوایی، ارتفاع بوته، عملکرد و اجزای عملکرد) در ۵ زمان مختلف نمونه گیری انجام گردید. نمونه برداری‌ها از زمان ۴۰ روز پس از کاشت (اواسط رشد رویشی)، هر ۱۵ روز یک بار (جهت مشخص کردن اثرگذاری تیمارها بر میزان وزن خشک اندام‌های هاویی بوته در مراحل رشد گیاه) تا رسیدگی کامل و مرحله برداشت نهایی صورت گرفت. برای نمونه برداری از هر کرت ۵ بوته پس از حذف حاشیه‌ها از ردیف‌های وسط انتخاب شده و از سطح خاک از قسمت اندام‌های زیرزمینی جدا گردید. سپس در داخل پاکت‌های کاغذی قرار داده شده و به آزمایشگاه منتقل گردید. در آزمایشگاه نیز پاکت‌ها در داخل آون به مدت ۴۸ ساعت در دما ۷۰ درجه سانتی گراد قرار گرفتند. برای نمونه برداری جهت اندازه گیری صفات اندام‌های زیرزمینی نخست به کمک ابزارهایی مانند بیل و بیلچه بوته بطور کامل از خاک خارج شده و سپس قسمت زیر زمینی آن با آب شسته شد. و تعداد گره تشکیل شده شمارش گردیده و برای اندازه گیری وزن خشک ریشه در آزمایشگاه خشک شد. تمام کارهای آزمایشگاهی مانند خشک کردن، وزن کردن، شمارش دانه و غلاف، اندازه گیری وزن خشک بیولوژِیک در مراحل مختلف و وزن خشک ریشه، جداسازی غلاف از بوته و جداسازی دانه از غلاف و به دست آوردن وزن آنها در آزمایشگاه زراعت دانشگاه رازی انجام شد.

۳-۸- عملیات داشت

اجرای این آزمایش به صورت دیم بود به همین دلیل نیاز به آبیاری نداشت و در مرحله داشت آن فقط مبارزه با علف هرز صورت گرفت که به طریق وجین دستی بوده و بعد از نمونه برداری اول (تقریبا اواسط رشد رویشی) انجام شد.

۳-۹- صفات مورد مطالعه در آزمایش

۳-۹-۱- وزن خشک اندام‌های هوایی بوته

اندازه گیری این صفت در زمان‌های مختلف نشان دهنده روند رشد گیاه نخود در طول زمان است. برای اندازه گیری وزن خشک اندام‌های هوایی نمونه گیری‌ها در ۵ زمان مختلف انجام گرفت.

۳-۹-۲- تعداد گره تشکیل شده در سیستم ریشه

تعداد گره های تشکیل شده در سیستم ریشه گیاه بیانگر قدرت گیاه در تثبیت نیتروژن اتمسفری است. این پارامتر نیز در زمان اوایل گلدهی(۵۵ روز پس از کاشت) اندازه گیری شد. . نمونه برداری جهت به دست آوردن تعدادگره تشکیل شده در ریشه، به این ترتیب بود که در ابتدا یک بوته را انتخاب کرده و خاک اطراف ریشه آن به آهستگی و بطور کامل خارج شد. انجام این کار جهت مشخص شدن عمق ریشه بود. به این طریق کل بوته به همراه ریشه و خاک محیط آن (به این دلیل که گرهک‌های تشکیل شده از سیستم ریشه جدا نشوند) به کمک ابزارهایی مانند بیل و بیلچه و با دقت کامل، بطوری که مقداری خاک اضافی نیز به همراه آن بود، از خاک خارج گردید. سپس قسمت ساختمان ریشه و خاک همراه آن در داخل ظرف‌های حاوی آب قرار داده شد و به این صورت خاک آب جذب کرده به آرامی از بافت ریشه جدا شد. بعد از این کار، قسمت ریشه از قسمت هوایی جدا گردید و به آرامی به وسیله آب شسته شد. سپس گره‌های تشکیل شده شمرده شدند.

۳-۹-۳- ارتفاع نهایی بوته

معمولا گیاهان با ارتفاع بلندتر دارای وزن خشک بیشتری هستند. این صفت ۷۰ روز پس از کاشت (زمان گل دهی کامل) اندازه گیری شد.

۳-۹-۴- تعداد غلاف در بوته

اندازه گیری این صفت نشان دهنده گل‌های بارور شده است. هر اندازه تعداد غلاف بیشتر باشد به معنای قدرت بیشتر گیاه در مرحله زایشی است. تعداد غلاف در بوته در دو مرحله غلاف دهی کامل و مرحله برداشت (۸۵ و ۹۷ روز پس از برداشت) اندازه گیری شد. به دلیل اینکه میزان از بین رفتن غلاف تا زمان برداشت مشخص شود، دو بار تعداد غلاف اندازه گیری شد.

۳-۹-۵- تعداد دانه در غلاف

می‌تواند بیانگر غلاف‌های بدون بذر یا پوچ و نیز تعداد غلاف‌هایی که درآنها دو عدد بذر تشکیل می‌شود باشد. این صفت در مرحله برداشت نهایی (۹۷ روز پس از کاشت) اندازه گیری شد.

۳-۹-۶- تعداد دانه در بوته

این صفت در مرحله برداشت نهایی اندازه گیری شد.

۳-۹-۷- وزن خشک دانه

نشان دهنده مواد غذایی اختصاص یافته به دانه است. در مرحله برداشت نهایی اندازه گیری شد.

۳-۹-۸- وزن خشک غلاف

نشان دهنده مواد غذایی است که در مرحله زایشی به دانه اختصاص نیافته است. نمونه گیری برای آن در مرحله برداشت صورت گرفت.

۳-۹-۹- وزن خشک کاه و کلش

بیانگر رشد گیاه در هر دو مرحله رویشی و زایشی و میزان مواد غذایی که در مرحله زایشی به قسمتهای غیربذری گیاه اختصاص یافته است. این پارامتر در زمان برداشت اندازه گیری شد.

۳-۹-۱۰- وزن صد دانه

یکی از اجزای عملکرد است و هر اندازه بیشتر باشد ممکن است عملکرد کل نیز به همان اندازه بیشتر گردد.

۳-۹-۱۱- عملکرد دانه در هکتار

نشان دهنده عملکرد اقتصادی است. در مرحله برداشت نهایی اندازه گیری می‌شود. جهت انجام نمونه برداری این صفت، مساحت ۱ × ۲ متری از زمین هر کرت انتخاب شد که ۳ ردیف از بوته‌ها به طول ۲ متر در عرض یک متر از سطح هر کرت قرار گرفتند. ردیف‌های اول و آخر و بوته‌های انتهای هر ردیف به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. سپس بوته‌ها جمع آوری و کوبیده گردید و قسمت دانه از کاه کلش آن جدا گردید.

۳-۹-۱۲- فسفر خاک

برخی از کودهای آلی و زیستی بر میزان فسفر خاک (همچنین جامعه بیولوژیک آن که فسفر محلول را افزایش می‌دهند)، اثر می‌گذارند و ممکن است فسفر خاک افزایش یا کاهش یابد. نمونه برداری خاک برای اندازه گیری این عنصر در زمان برداشت و از محیط ریشه انجام شد.

۳-۱۰- روش اندازه گیری فسفر خاک

فسفر خاک به روش اولسن (۱۹۵۴) و با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتری اندازه گیری شد. این روش برای تجزیه خاک‌های با pH قلیایی و خنثی مورد استفاده قرار می‌گیرد. (توضیح این روش در زیر آورده شده است)

طریق اندازه‌گیری فسفر خاک به روش اولسن:

الف- مواد شیمیایی مورد نیاز

۱- محلول عصاره‌گیری بیکربنات سدیم نیم مولار pH = ۸/۵

۴۲ گرم بیکربنات سدیم را در یک لیتر آب مقطر حل و pH آن را با سود یک مولار روی ۸/۵ تنظیم می‌نمائیم. در صورت تجاوز pH از ۸/۵ می‌توان از محلول بیکربنات سدیم نیم مولار برای پایین آوردن آن استفاده نمود.

۲- اسید سولفوریک ۲/۵ مولار– ۱۴۸ میلی‌لیتر اسیدسولفوریک را به آرامی به آب مقطر در ضمن بهم زدن اضافه کرده، بعد از سرد شدن حجم را به ۱۰۰۰ میلی‌لیتر می‌رسانیم.

۳- مولیبدات آمونیوم ۲/۵ میلی مولار – ۱۲ گرم آمونیوم مولیبدات در ۲۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر

۴- پتاسیم آنتیمونی تارتارات ۰/۰۴۳ میلی مولار – ۰/۲۹۱ گرم پتاسیم آنتیمونی تارتارات را در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر

۵- محلول مخلوط (معرف A)

این محلول از مخلوط کردن نصف حجم هر کدام از محلول‌های بالا بدست می‌آید، سپس با آب مقطر آن را به حجم می‌رسانیم.

۶- اسیدآسکوربیک ۱/۱۸ میلی مولار (معرف B)- ۱/۰۵۵۶ گرم اسیدآسکوربیک را در ۲۰۰ میلی‌لیتر معرف A حل می‌نمائیم، این محلول روزانه باید تهیه شود.

۷- محلول استاندارد ppm ۵۰۰ فسفر – مقدار ۱/۰۹۸۴ گرم پتاسیم دی هیدروژن فسفات در پانصد میلی‌لیتر آب مقطر

۸- سری استانداردها – از محلول ppm ۵۰۰ فسفر به ترتیب ۲۰، ۱۰، ۵، ۲، ۱، ۰/۲، ۰/۱۵، ۰/۱، ۰/۰۲ و ۰/۰۱ میلی‌لیتر برداشته، با بیکربنات سدیم به حجم ۱۰۰ میلی‌لیتر می‌رسانیم (با توجه به غلظت فسفر در هر منطقه می‌توان غلظت استانداردها را تغییر داد). برای استاندارد صفر از بیکربنات سدیم استفاده می‌شود. این محلول‌ها دارای ppm ۱۰۰، ۵۰، ۲۵، ۱۰، ۵، ۱، ۰/۷۵، ۰/۵، ۰/۱ و ۰/۰۵

فسفر می‌باشد. (اولسن و همکاران، ۱۹۵۴؛ فیکسن و گراوو، ۱۹۹۰؛ اسکو نائا و کارامانوس، ۱۹۹۳؛ کائو، ۱۹۹۶).

ب- روش کار

یک گرم از نمونه خاک همراه با ۰/۰۲ گرم زغال فعال به ارلن ۵۰ میلی‌لیتری منتقل و سپس ۲۰ میلی‌لیتر از محلول عصاره‌گیری بیکربنات سدیم را به آن اضافه نمودیم، بعد از نیم ساعت شیکر بلافاصله با کاغذ صافی شماره ۴۲ صاف شد. بعد از صاف شدن نمونه‌ها به ترتیب ۲، ۰/۶ و ۰/۶ میلی‌لیتر از آب مقطر و استانداردها و معرف B را با استفاده از پیپتور به کووت منتقل و بعد از کامل شدن رنگ آبی با دستگاه اسپکتروفتومتر روی طول موج ۸۸۲ نانومتر قرائت نمودیم. (جهت صرفه جویی و جلوگیری از هدر رفتن مواد مورد استفاده، می‌توان مقدار مصرفی آنها را به ۱/۴ تقلیل داد).

۳-۱۱- روش تجزیه و تحلیل داده‌ها

داده‌های به دست آمده از آزمایش با استفاده از نرم افزار آماری MSTATC مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و مقایسه میانگین‌ها هم با آزمون LSD انجام گرفت. از نرم افزار اکسل (Excel) برای ترسیم نمودارها و شکل‌ها استفاده گردید.

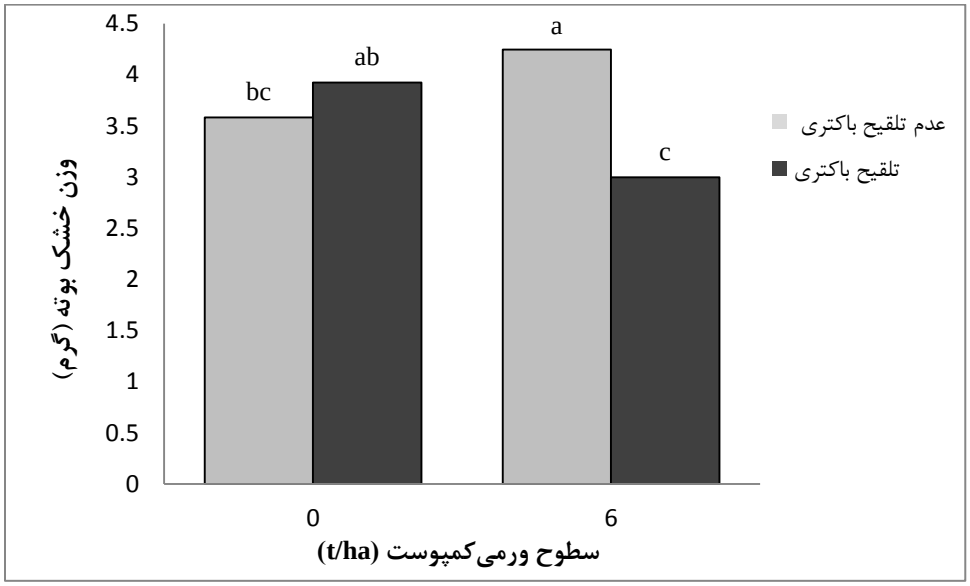
فصل چهارم

نتایج و بحث

۴-۱- وزن خشک اندام‌های هوایی بوته

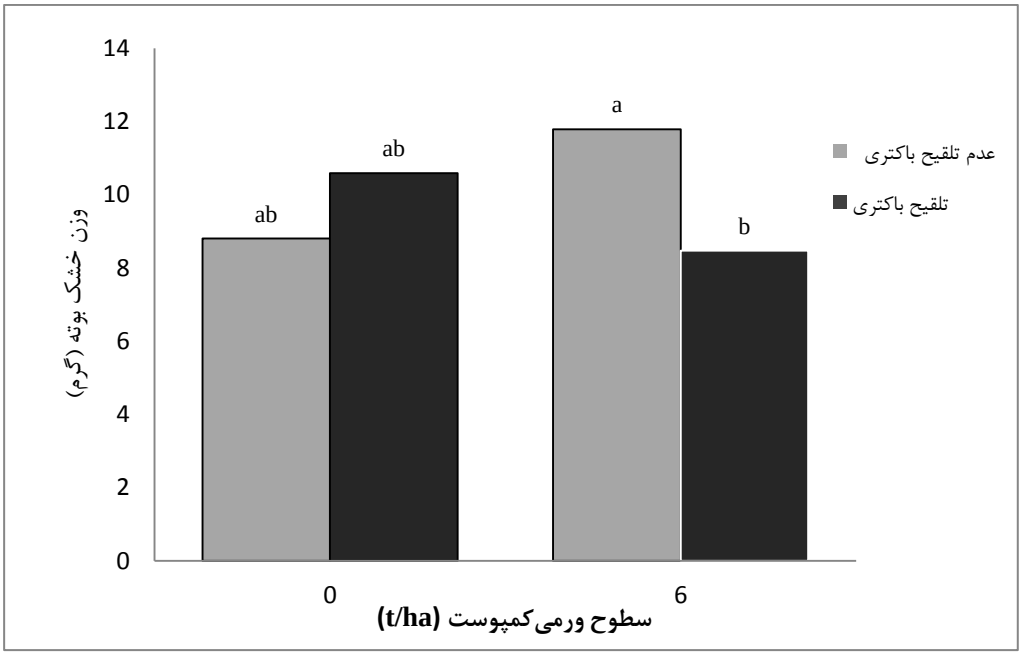
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در مورد وزن خشک اندام‌های هوایی بوته در زمان‌های مختلف نشان داد که اثر متقابل ورمی‌کمپوست و باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) در زمان‌های ۵۵ روز پس از کاشت (اوایل گلدهی) و ۹۷ روز پس از کاشت (مرحله برداشت نهایی) به ترتیب در سطح احتمال۱٪ و ۵٪ معنی‌دار بودند. اما در زمان ۷۰ روز پس از کاشت (گلدهی کامل) فقط اثر باکتری‌های محرک رشد گیاه در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شد. کود آلی اسید هیومیک هیچ اثری معنی‌داری بر وزن خشک اندام‌های هوایی بوته در زمان‌های مختلف نداشت (جدول ۱-۴).

نتایج مقایسه میانگین‌های وزن خشک اندام‌های هوایی بوته در اوایل گلدهی (۵۵ روز پس از کاشت) (شکل ۱-۴) نشان داد که این صفت در تیمار کاربرد ورمی‌کمپوست و عدم تلقیح PGPR (۴/۳۸۱ گرم) اختلاف معنی‌داری با شاهد (۳/۵۸۴ گرم در بوته) دارد. در این تیمار وزن خشک اندام‌های هوایی بوته نسبت به شاهد ۲۲/۲۳۸٪ افزایش داشت. تیمار کاربرد ورمی‌کمپوست و عدم کاربرد PGPR، علاوه بر شاهد با تیمار ترکیبی ورمی‌کمپوست و PGPR نیز اختلاف معنی‌دار دارد که در تیمار ترکیبی وزن خشک اندام‌های هوایی کاهش یافته است.



شکل ۱-۴- اثر متقابل ورمی‌کمپوست و باکتری‌های محرک رشد بر وزن خشک اندام‌های هوایی بوته در مرحله اوایل گلدهی (۵۵ روز پس از کاشت)

شکل ۲-۴-اثر متقابل ورمی‌کمپوست و PGPR بر وزن خشک اندام‌های بوته در مرحله برداشت نهایی (۹۷ روز پس از کاشت) را نشان می‌دهد.



شکل ۲-۴- اثر متقابل ورمی‌کمپوست و باکتری‌های محرک رشد بر وزن خشک اندام‌های هوایی بوته در مرحله برداشت (۹۷ روز پس از برداشت)

نتایج مقایسه میانگین‌های وزن خشک اندام‌های هوایی بوته در مرحله برداشت نشان می‌دهد که میانگین تیمار کاربرد ورمی‌کمپوست و عدم تلقیح PGPR (۱۱/۷۸۷ گرم در بوته) با میانگین تیمار ترکیبی ورمی‌کمپوست و PGPR (۸/۴۷۴ گرم) اختلاف معنی‌دار دارد. اما با تیمار شاهد (۸/۸۰۳ گرم) اختلاف آماری معنی‌داری ندارد. با توجه به شکل ۱-۴ (نتایج مقایسه میانگین وزن خشک اندام‌های هوایی بوته در مرحله اوایل گلدهی)، نتایج، نشان دهنده اثر مثبت ورمی‌کمپوست بر وزن خشک اندام‌های هوایی گیاه نخود می‌باشند. این نتایج در توافق با نتایج برخی تحقیقات انجام شده دیگر است. بعنوان مثال در مطالعه‌ای، اسکندری و آستارایی (۱۳۸۶) نشان دادند که وزن خشک اندام‌های هوایی گیاه نخود در تیمار ورمی‌کمپوست حداکثر است که نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری معادل ۸۱ درصد داشت. رویی و همکاران (۲۰۱۰) نیز گزارش کردند که تخصیص بیوماس در بخش‌های بالایی گیاهان ذرت، لوبیا و گیاه *Abelmoschus esculentus* در پلات‌های تیمارشده با ورمی‌کمپوست

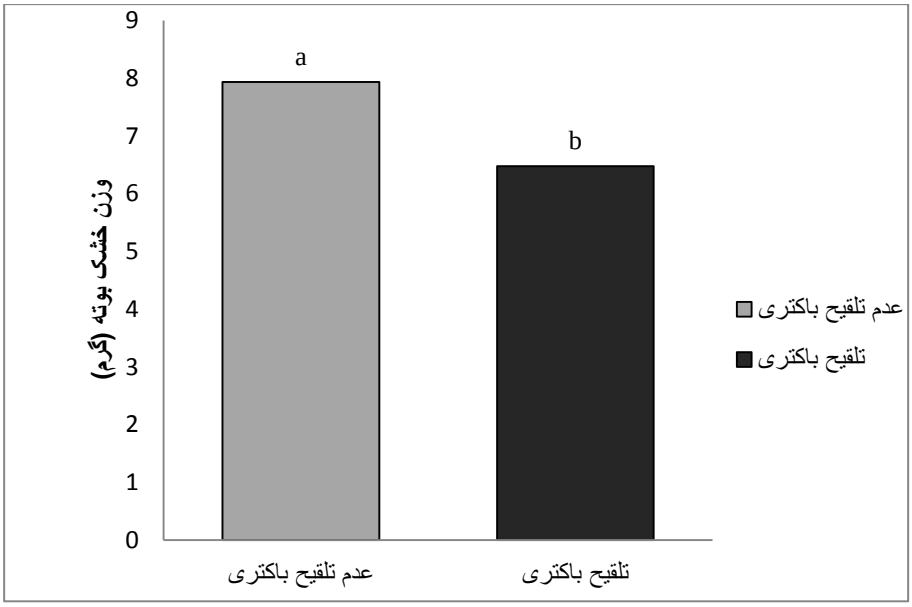
بیشترین و در شاهد دارای کمترین مقدار بود. خاک گلدان اصلاح شده با ورمی‌کمپوست بطور معنی‌داری سطح برگ و محتوای مواد غذایی معدنی اسفناج را افزایش داد (پیوست و همکاران، ۲۰۰۸). نتایج کاربرد برگی لیکات (شیرابه) ورمی‌کمپوست پارامترهای رشد مانند سطح برگ و وزن خشک گیاه توت فرنگی را بطور معنی‌داری در مقایسه با شاهد بهبود داده است (سینگ و همکاران، ۲۰۱۰). همچنین کاربرد کودهای NPK و ورمی‌کمپوست به تنهایی و در ترکیب باهم نیز وزن خشک گیاه رزماری را در مقایسه با شاهد افزایش داده‌اند (سینگ و گالریا، ۲۰۱۳). محققین اظهار داشته‌اند که افزودن ورمی‌کمپوست 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 (انور و همکاران، ۲۰۰۵). همچنین پیرومایو و همکاران (۲۰۱۱) در آزمایشی گزارش کردند که آزوسپیریلوم همراه با کمپوست قادر به افزایش وزن خشک ساقه ذرت علوفه‌ای بوده است.

گیاه نخود در اوایل رشد و زمان بعد از جوانه زنی و سبز شدن دارای حجم بوته کمی بوده و میزان فتوسنتز آن محدود است لذا رشد ریشه آن نیز اندک و دسترسی به مواد غذایی هم کم است. همچنین نخود گیاهی رشد محدود است و بیشترین میزان فتوسنتز آن در اواسط رشد رویشی و قبل از وارد شدن به مرحله زایشی است و بعد از وارد شدن به مرحله زایشی، رشد رویشی آن متوقف می‌شود. نتایج بدست آمده از این آزمایش نیز همین مطلب را تایید می‌کند.

در این مقایسه میانگین‌ها تیمار PGPR بدون کاربرد ورمی‌کمپوست بر وزن خشک اندام‌های هوایی اثر معنی‌داری نداشت ولی تحقیقات دیگر نتایجی عکس این موضوع را نشان داده‌اند. در آزمایشی، تلقیح با *Bradyrhizobium sp.* بعنوان باکتری آزادزی بیوماس کل و عملکرد دانه در نخود را افزایش داده است (بانچیو و همکاران، ۲۰۰۸). در یک مطالعه تجزیه و تحلیل داده‌های مربوط به وزن خشک اندام‌های هوایی و ریشه گیاه ذرت علوفه‌ای با استفاده از آزمون F نشان داد که تلقیح PGPR باعث افزایش معنی‌داری در بیوماس ریشه و ساقه در مقایسه با شاهد شده است (پیرومایو و همکاران، ۲۰۱۱). تلقیح گیاه *Origanum majorana* به صورت ترکیبی با باکتری‌های

Pseudomonas fluorscens و *Bradyrhizobium sp.* افزایش معنی‌داری را در تعداد برگ، طول ساقه، و تعداد گره ایجاد کرد. در این بررسی افزایش ۸۰ درصدی در تعداد برگ در گیاهان تلقیح شده با *Pseudomonas fluorscens* نسبت به شاهد گزارش شده است، که یکی از فاکتورهای مهم در افزایش وزن خشک است، و نیز نشان داده شد که وزن تازه ساقه ۳/۲ برابر نسبت به شاهد افزایش داشته است (بانچیو و همکاران، ۲۰۰۸). تلقیح گیاهان گندم با نژادهای *Azospirillum sp.* بطور معنی‌داری وزن خشک کل و تعداد کل پنجه‌ها در هر دو آب شور و غیرشور را افزایش داده است (حاجی نیا و همکاران، ۲۰۱۲).

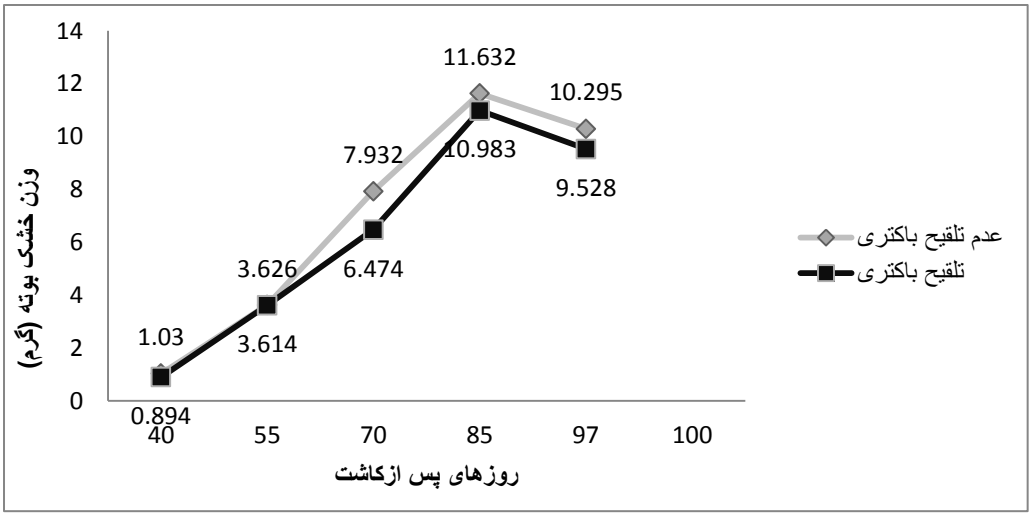
با توجه نتایج تجزیه واریانس، اثر اصلی PGPR (فاکتور B) بر وزن خشک اندام‌های هوایی در مرحله گلدهی کامل (۷۰ روز پس از کاشت) در سطح ۵٪ معنی‌دار شد (جدول ۱-۴). نتایج مقایسه میانگین بیانگر اثر منفی تلقیح است، بدین معنا که میانگین وزن خشک در اثر تلقیح با باکتری (۶/۴۷۴ گرم) از میانگین وزن خشک تیمار عدم تلقیح با باکتری (شاهد) (۷/۹۳۲ گرم) کمتر می‌باشد (شکل ۳-۴).



شکل ۳-۴- اثر سطوح فاکتور اصلی B (باکتری‌های محرک رشد) بر وزن خشک اندام‌های هوایی بوته در مرحله گلدهی کامل (۷۰ روز پس از برداشت)

آندراد و همکاران (۱۹۹۸) هم گزارش کردند وزن خشک اندام هوایی گیاه نخود فرنگی در اثر با تلقیح باکتری جنس *Pseudomonas* به طور معنی‌داری کاهش می‌یابد و در تحقیق دیگری نیز بیوماس ساقه بطور معنی‌داری با تلقیح توام *Azospirillum sp.*، *Bradyrhizobium sp.* و قارچ *Arbuscular mycorrhizae* کاهش یافته بود (جاگ و همکاران، ۲۰۱۲). این اثر ممکن است مربوط به تولید اتیلن در گیاه باشد زیرا اتیلن یک هورمون گیاهی گازی شکل در گیاه بوده که خیلی از فرآیندهای گیاهی اعم از جوانه زدن تا پیری ارگان‌های مختلف را تنظیم می‌کند و در خیلی از واکنش‌های گیاهی از جمله پاسخ گیاه عوامل گره ساز باکتریایی شرکت می‌کند (باری و جونز، ۲۰۰۹؛ شهزاد و همکاران، ۲۰۱۰). تولید اتیلن بطور معنی‌داری در ریشه‌های آلوده شده با ریزوبیوم یا برادی‌ریزوبیوم افزایش می‌یابد، و تعداد گره‌هایی که در گیاهان آلوده تشکیل می‌شوند را کاهش می‌دهد (میدلتون و همکاران، ۲۰۰۷؛ اولدروید و داونی، ۲۰۰۸). بنابراین احتمال دارد که اتیلن اثر منفی بر گره‌سازی در گیاهان لگومینوز داشته باشد. هر عاملی که سطح‌های اتیلن را در ریشه‌های گیاه تغییر دهد ممکن است رشد گیاه را تغییر دهد. به همین دلیل از مهار کننده‌های شیمیایی ساخت اتیلن در گیاهان استفاده می‌شود تا از کاهش رشد جلوگیری شود (شهزاد و همکاران، ۲۰۱۰). بنابراین احتمال دارد که در این آزمایش هم، اتیلن به دلیل آلوده شدن ریشه‌های گیاه نخود به *Mesorhizobium*، به مقدار زیاد تولید شده و باعث کاهش گره‌سازی گردیده باشد که در نتیجه آن رشد کاهش یافته است. لوسی و همکاران (۲۰۰۴) نشان دادند که تلقیح با *Sinorhizobium* بعنوان میکروارگانیسم آزادزی ریزوسفر بیوماس ریشه یا ساقه را افزایش نمی‌دهد. همچنین افزایش نسبت بیوماس ساقه به ریشه در گیاهان تلقیح شده با برادی ریزوبیوم *Bradyrhizobium* را مشاهده نکردند. هر چند این باکتری به عنوان باکتری توسعه دهنده رشد گیاه در خیلی از گونه‌های گیاهی گزارش شده است. این قبیل اثرات توسعه دهنده بسته به نوع خاک و گونه گیاهی بسیار متغیر هستند (گرای و اسمیت، ۲۰۰۵). همچنین اثرات منفی تلقیح ممکن است با شرایط خاک مثلا آهکی بودن یا نوع pH ارتباط داشته باشد. باکتری‌های محرک رشد گیاه تنها در مرحله گلدهی اثر منفی بر بیوماس گیاه نخود داشته است

اما در سایر مراحل تاثیری نداشتند. به نظر می‌رسد با توجه به شرایط دیم و نیاز بالای آبی گیاه در مرحله گلدهی، شدت رقابت PGPR با ریشه گیاه سبب کاهش رشد شده است. همچنین احتمال دارد که با افزایش فعالیت گیاه در مرحله گلدهی فشار بیشتری بر ریشه برای جذب مواد غذایی و رطوبت وارد آمده باشد که به نوبه خود باعث بالا رفتن میزان تعرق و مصرف کربوهیدرات‌های ساخته شده در فتوسنتز می‌گردد که در ادامه باعث کاهش وزن می‌شود.



شکل ۴-۴- تاثیر باکتری‌های محرک رشد بر روند تغییرات وزن خشک اندام‌های هوایی بوته

برخی محقیقن بیان می‌کنند که اگرچه *Azospirillum brasilense* و*Pseudomonas fluorescens* باکتری‌های دیازوترفیک هستند که به طور موثر با ریشه گیاه همراه می‌شوند، ولی تلقیح با PGPR در مقدار بالا رقابت بین میکروارگانیسم‌های بومی ایجاد می‌کند (گارسیا دی سالامون و همکاران، ۲۰۱۲). خزاعی و همکاران (۱۳۸۷) به نقل از کسل و همکاران (۲۰۰۰) اظهار کردند که وجود باکتری‌های مقیم در خاک واکنش بقولات به تلقیح را محدود می کند. همچنین به نقل از بروکول و راولی (۱۹۸۴) گزارش کردند که در صورت رقابت بین نژادهای باکتری در خاک، رقیبی گره بیشتر ایجاد می‌کند که زودتر از دیگری در محل تشکیل گره کلنی ایجاد کند. همچنین وجود جمعیت ریزوبیومی بومی مشابه و پیچیدگی روابط متقابل بین میکروارگانیسم‌ها و گیاهان، تعداد و تنوع واکنش‌های آنتاگونیستی در خاک و وجود بسیاری از نکات ناشناخته بویژه در بخش ریزوسفر، عوامل مهمی هستند که واکنش بقولات به تلقیح را محدود می‌کنند (زند و همکاران، ۱۳۸۱). در مطالعات مزرعه‌ای

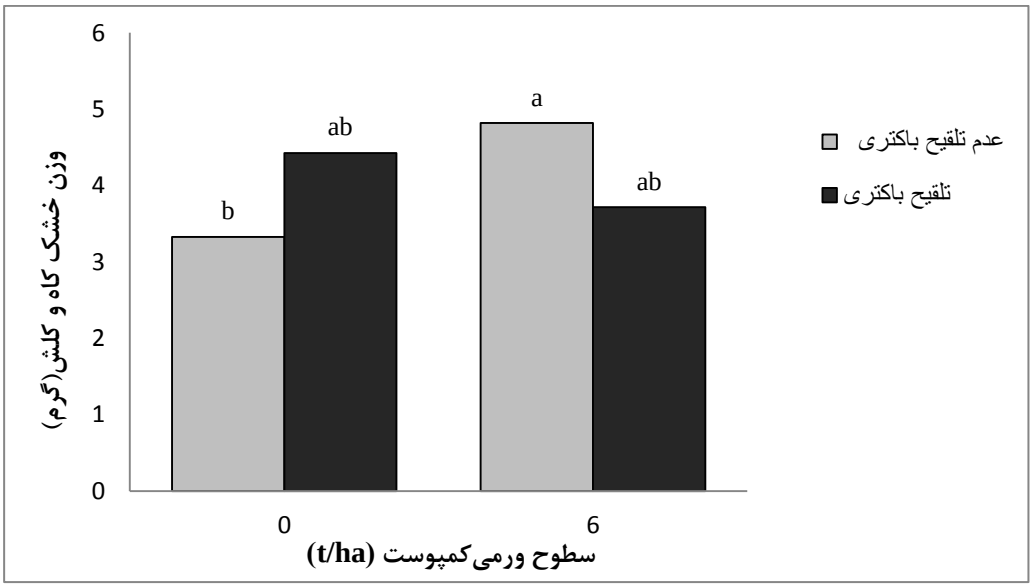
ارتباطات سینرژیستی بین جنس‌های ریزوبیوم و آزوسپیریلوم در جهت افزایش بیوماس گیاهان زراعی، از جمله سویا نشان داده شده است (حیات و همکاران، ۲۰۱۰؛ ساینی و همکاران، ۲۰۰۴). همچنان در مطالعات آزمایشگاهی اثرات سینرژیستی و همچنین اثرات آنتاگونیستی بین این رقبا مشاهده گردیده است (والدنگرو و همکاران، ۲۰۰۱).

۴-۲- ارتفاع بوته

بر اساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، هیچ یک از اثرات اصلی و متقابل کودهای به کار رفته بر ارتفاع بوته در مرحله گلدهی کامل معنی‌داری نشد (جدول ۲-۴). هرچند ارتفاع نهایی گیاه معمولاً تحت تأثیر عوامل ژنتیکی می‌باشد، ولی محیط نیز ارتفاع بوته را تحت تأثیر قرار می دهد. صفت ارتفاع جزء مهمی در تعیین عملکرد نمی‌باشد، ولی احتمالاً ارقام با ارتفاع بلندتر ماده خشک بیشتری تولید می‌کنند (سلیمی، ۱۳۸۹). در یک مطالعه نشان داده شد که ارتفاع بوته نخود در تیمار خاک و ورمی‌کمپوست نسبت به مخلوط خاک و پیت استریل و شاهد تفاوت معنی‌داری ندارد (اسکندری و آستارایی، ۱۳۸۶). در مطالعه دیگری حاجی‌نیا و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند که ارتفاع ساقه گیاهچه‌های گندم تلقیح شده با آزوسپیریلوم سازگار با شوری، با وجود تنش شوری، افزایش یافته است. طبق مشاهدات رجایی و همکاران (۱۳۸۶)، نتایج اثر تیمار باکتری بر ارتفاع بوته گندم در پایان ماه اول رشد در سطح ۱٪ معنی‌دار بوده با این حال اثر تیمار باکتری بر ارتفاع گیاه ۷۵ روزه و ارتفاع نهایی بوته معنی‌دار نگردیده است. نتایج یک مطالعه دیگر نشان داد که کاربرد اسید هیومیک ارتفاع گیاه ذرت را به طور معنی داری افزایش می‌دهد (قربانی و همکاران، ۱۳۸۹). حاجیلو و همکاران (۱۳۸۸) به نقل از برخی محققین (کاپولنیک و همکاران، ۱۹۸۲؛ زهیر و همکاران، ۱۹۹۸) افزایش ارتفاع بوته ذرت با تلقیح بذر به وسیله باکتری‌های آزوسپیریلوم، ازتوباکتر و سودوموناس را گزارش کردند. نتایج متفاوت در مورد تاثیر کودهای آلی بر ارتفاع گیاهان می‌تواند وابسته به نوع گیاه، شرایط محیطی و عوامل مختلف خاکی باشد.

۴-۳- وزن خشک کاه و کلش

بر طبق نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به وزن خشک کاه و کلش در مرحله برداشت، اثر متقابل ورمی‌کمپوست و PGPR در سطح ۱٪ معنی‌دار شد. کاربرد اسید هیومیک و PGPR به تنهایی اثری بر این صفت نداشتند (جدول ۲-۴). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تیمار کاربرد ورمی‌کمپوست و عدم تلقیح PGPR (۴/۸۱۷ گرم در بوته) در مقایسه با تیمار شاهد (۳/۳۲۸ گرم در بوته) اختلاف معنی‌دار دارد (شکل ۵-۴) که این میزان معادل ۴۴/۷۴۱٪ افزایش وزن خشک کاه و کلش نسبت به شاهد است. با توجه به نمودار، سایر تیمارها افزایشی را نسبت به شاهد نشان می‌دهند اما این افزایش از لحاظ آماری معنی‌دار نمی‌باشد. تیمار تلقیح با PGPR بدون ورمی‌کمپوست از لحاظ افزایش میزان وزن خشک کاه و کلش، بعد از تیمار ورمی‌کمپوست قرار دارد (مشابه نتایج مربوط به وزن خشک کل در مرحله اوایل گلدهی).



شکل ۵-۴- اثر متقابل ورمی‌کمپوست و باکتری‌های محرک رشد بر وزن خشک کاه و کلش در مرحله برداشت

در تحقیقی افزودن ورمی‌کمپوست همه ویژگی‌های گیاهی لوبیا را در مقایسه با برخی تیمارها بهبود داده است. تعداد غلاف‌ها، وزن خشک غلاف، عملکرد هر گیاه و دانه هر گیاه در تیمارهای ورمی‌کمپوست نسبت به شاهد بیشترین بود (فرناندز لاکیونو و همکاران، ۲۰۱۰). نتایج یک مطالعه نشان می‌دهد که تلقیح با *Pseudomonas fluorescens* و *Bradyrhizobium* می‌تواند بطور

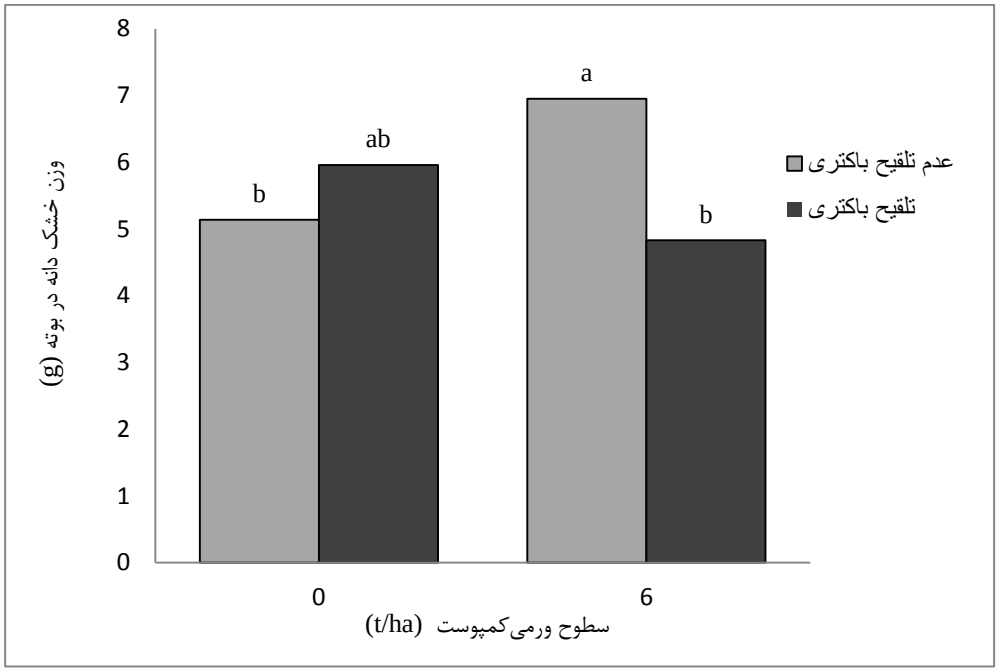
معنی‌داری عملکرد گیاه *Origanum majorana* را افزایش دهد و مقدار کود مورد نیاز را برای محصول اقتصادی با دوام این گیاه کاهش دهد (بانچیو و همکاران، ۲۰۰۸). همچنین با تلقیح باکتریایی افزایش وزن خشک بوته (بیوماس) نسبت به شاهد (عدم تلقیح بذر) در ذرت گزارش گردیده است (حمیدی و همکاران، ۱۳۸۹). کاربرد توام تلقیح و محلول پاشی باکتری *Pseudomonas putida* و *Pseudomonas fluorescens* بالاترین وزن خشک را تولید کرد و این در حالی بود که در استفاده از این دو باکتری تاثیر تلقیح بذر بر افزایش وزن خشک برگ بیش از روش محلول پاشی بود (انصاری جوینی و همکاران، ۱۳۹۰).

۴-۴- وزن خشک غلاف

هیچ یک از اثرات اصلی و متقابل کودها بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۲-۴) (نمونه برداری در مرحله برداشت).

۴-۵- وزن خشک دانه

تجزیه و تحلیل داده‌ها نشان داد که اثر کاربرد توام ورمی‌کمپوست و باکتری‌های محرک رشد گیاه بر این صفت معنی‌دار می‌باشد. اما کاربرد اسید هیومیک و PGPR به تنهایی و یا توام اثری بر آن نداشتند (جدول ۲-۴). نتایج مقایسه میانگین مربوط به اثر توام ورمی‌کمپوست و PGPR نشان می‌دهد که میانگین وزن خشک دانه در تیمار کاربرد ورمی‌کمپوست و عدم تلقیح PGPR (۶/۹۵۱ گرم در بوته) در مقایسه با میانگین‌های تیمار ترکیبی ورمی‌کمپوست و PGPR (۴/۸۳۲ گرم در بوته) و تیمار شاهد (۵/۱۳۸ گرم در بوته) اختلاف معنی‌داری دارد (شکل ۶-۴) و نسبت به شاهد ۳۵/۲۹٪ باعث افزایش وزن خشک دانه شد. در آزمایشی گلدانی اسکندری و آستارایی (۱۳۸۶) بیان کردند که بیشترین وزن خشک دانه گیاه نخود در گلدان حاوی تیمار ورمی‌کمپوست وجود دارد که نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری معادل ۱۶۱ درصد داشت.



شکل ۶-۴- اثر متقابل ورمی‌کمپوست و باکتری‌های محرک گیاه رشد بر وزن خشک دانه در مرحله برداشت

۴-۷- تعداد غلاف در بوته

جهت به دست آوردن تعداد غلاف تشکیل شده در بوته، نمونه برداری در دو مرحله غلاف دهی کامل و مرحله برداشت نهایی انجام گرفت که بر اساس نتایج تجزیه واریانس در هر دو مرحله هیچ یک از اثرات اصلی و متقابل معنی‌دار نشد (جدول ۳-۴). در تحقیقی که توسط رجایی و همکاران (۱۳۸۶) صورت گرفت اثر تیمار تلقیح با PGPR بر تعداد سنبله در گندم معنی دار نشد و بین تیمار شاهد و تیمارهای PGPR از نظر تعداد سنبله اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. در یک پژوهش میزان گلدهی و تعداد غلاف‌های مربوط به لوبیاهای رشد کرده در خاک تیمار نشده نسبت به لوبیاهای تیمار شده با کودهای معدنی کمتر بود و نیز تعداد غلاف و میزان گلدهی برای لوبیاهای رشد کرده در خاک تیمار شده با ورمی‌کمپوست معنی‌دار نبوده است (فرناندز-لاکوینو و همکاران، ۲۰۰۸). ولی نتایج قربانی و همکاران (۱۳۸۹) بیانگر تأثیر مثبت و معنی‌دار اسید هیومیک بر تعداد دانه در ردیف و طول بلال است.

۴-۸- تعداد دانه در غلاف

تعداد دانه در غلاف یکی از اجزای مهم برای رسیدن به عملکرد اقتصادی مطلوب در گیاهان غلاف‌دار می‌باشد. هرچند که تعداد دانه در غلاف وابسته به ژنتیک گیاه می‌باشد اما پتانسیل تولید دانه در غلاف که در زمان گلدهی تعیین می‌شود، به شدت تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد. اما در اینجا تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که کودهای مورد استفاده تاثیری بر تعداد دانه در غلاف نداشته‌اند (جدول ۳-۴). کاظمی پشت‌مساری و همکاران (۱۳۸۶) اثر باکتری حل کننده فسفات را بر روی باقلا بررسی کردند و به نتایج مشابهی دست یافتند که اثر باکتری حل کننده فسفات بر تعداد دانه در غلاف معنی‌دار نبود. اما کارلییر و همکاران (۲۰۰۸) و مرادی و همکاران (۱۳۸۹) گزارش کردند که باکتری‌های حل کننده فسفات اثر مثبت و معنی‌داری بر تعداد دانه در سنبله گندم و تعداد دانه در طبق آفتابگردان داشته‌اند.

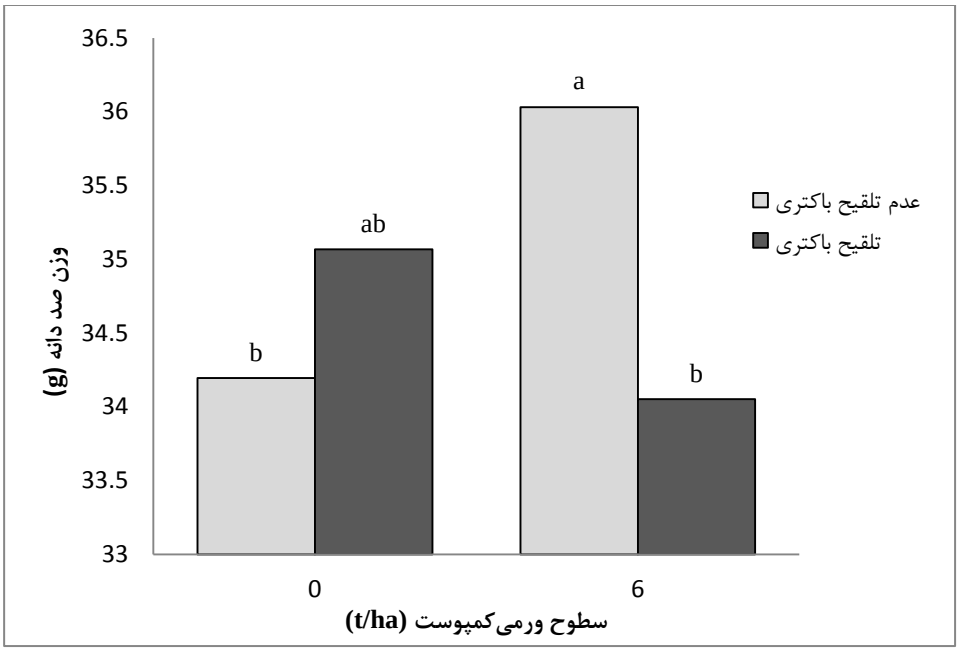
۴-۹- تعداد دانه در بوته

تعداد دانه تشکیل شده در بوته تحت تاثیر تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف قرار دارد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که کودهای به کار رفته تاثیری بر صفت تعداد دانه در بوته ندارند (جدول ۳-۴). خندان بجندی و همکاران (۱۳۸۹) تاثیر معنی‌دار و مثبت تلقیح با باکتری ریزوبیوم بر تعداد دانه در گیاهان نخود را گزارش کردند. بعلاوه گزارش شده است که باکتری *Pseudomonas fluorescens* تاثیر معنی‌داری بر اجزای عملکرد گندم داشته و باعث افزایش این اجزاء شده است (ریحانی‌تبار و همکاران، ۱۳۸۹). در آزمایشی نتایج نشان داده شد که اسید هیومیک بر وزن هزار دانه، قطر بلال و تعداد ردیف تأثیر معنی‌داری ندارد (قربانی و همکاران، ۱۳۸۹).

۴-۱۰- وزن صد دانه

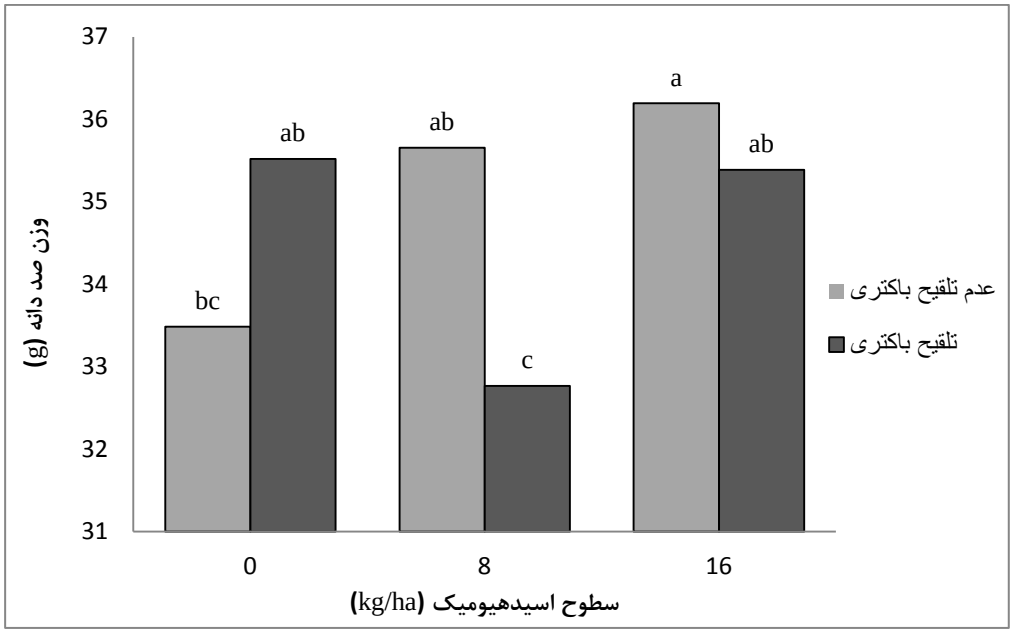
نتایج تجزیه واریانس بیانگر این مطلب است که اثر متقابل ورمی‌کمپوست و باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) بر وزن صد دانه معنی‌دار بود (جدول ۳-۴). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تیمار کاربرد ورمی‌کمپوست و عدم تلقیح PGPR بیشترین اثر را بر افزایش وزن صد دانه داشته و با

تیمار شاهد و تیمار ترکیبی ورمی‌کمپوست و PGPR تفاوت معنی‌دار داشت. در مرحله بعدی تیمار PGPR بدون مصرف ورمی‌کمپوست می‌باشد که از لحاظ آماری با تیمار مصرف توام ورمی‌کمپوست و PGPR در یک سطح قرار دارد و با شاهد اختلاف معنی‌داری ندارد (شکل ۷-۴). مطالعه اسکندری و آستارایی (۱۳۸۶) بر گیاه نخود بیانگر افزایش وزن دانه نخود نسبت به شاهد در تیمار ورمی‌کمپوست بود. همچنین علیزاده و همکاران (۱۳۸۸) نشان دادند که سطوح ورمی‌کمپوست همراه با کودهای شیمیایی وزن هزار دانه ذرت را بطور معنی‌داری افزایش داد.



شکل ۷-۴- اثر متقابل ورمی‌کمپوست و باکتری‌های محرک رشد بر وزن صد دانه

همچنین نتایج تجزیه واریانس داده‌های مربوط به وزن صد دانه نشان داد که کاربرد توام PGPR و سطوح اسید هیومیک در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار بود (جدول ۳-۴). نتایج مقایسه میانگین مربوط به اثر متقابل PGPR و سطوح اسید هیومیک (شکل ۸-۴) نشان داد که کاربرد سطح سوم اسید هیومیک (۱۶ کیلوگرم در هکتار) و عدم تلقیح باکتری‌های محرک رشد (۳۶/۱۹۸ گرم) توانسته است بیشترین تاثیر را بر افزایش وزن صد دانه داشته باشد و با شاهد نیز دارای اختلاف معنی‌دار بود.



شکل ۸-۴- اثر متقابل باکتری‌های محرک رشد و سطوح اسید هیومیک بر وزن صد دانه

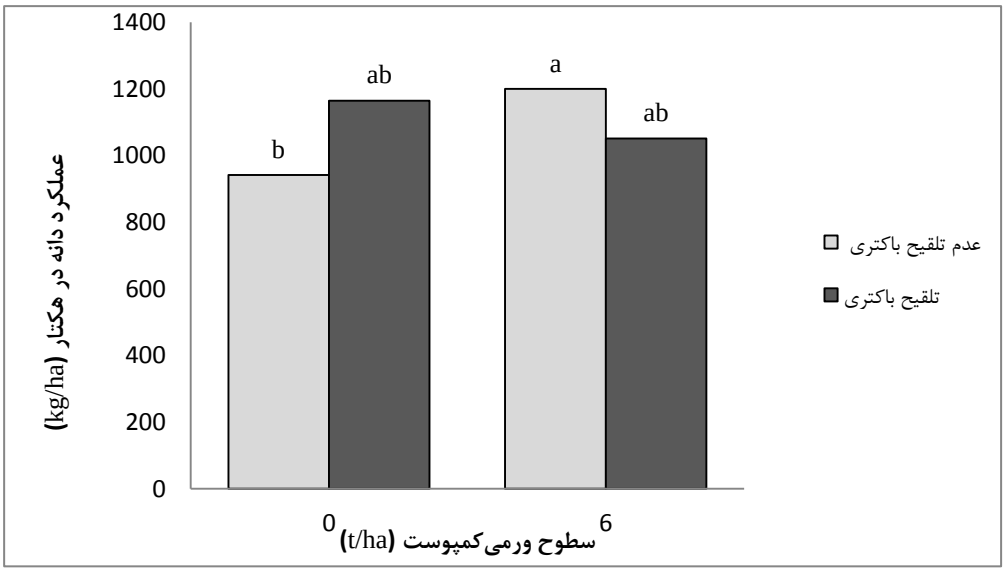
در آزمایشی اثر محلول پاشی اسید هیومیک و نیتروژن بر گندم دوروم مورد بررسی قرار گرفت، نتایج نشان داد که اسید هیومیک سبب افزایش معنی‌داری در وزن خشک ساقه و ریشه گندم می‌شود. همچنین نتایج آزمایش مذکور نشان داد که عملکرد دانه، باروری سنبله و محتوی پروتئین دانه در تیمار محلول پاشی هم‌زمان نیتروژن و اسید هیومیک، و به صورت جدا در زمان‌های مختلف، افزایش یافت که این افزایش در محلول پاشی نیتروژن همراه با اسید هیومیک به صورت همزمان بسیار بیشتر بود (سبزواری و خزاعی، ۱۳۸۸). نتایج آزمایش‌های محققین نشان می‌دهد که محیط کشت پیت حاوی سطوح مختلف اسید هیومیک بر رشد گیاهچه‌های گوجه فرنگی و بادمجان موثر بوده است (دارسان و گاونس، ۲۰۰۰). محققین طی آزمایشی در گندم دریافتند که اسید هیومیک به میزان ۵۴ میلی گرم در لیتر محلول، باعث افزایش طول ریشه و افزایش ماده خشک می‌شود و همچنین جذب نیتروژن در حضور اسید هیومیک افزایش معنی‌داری را نشان داد (کوثر و اعظم، ۱۹۸۵). در بررسی اثر اسید هیومیک بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم و ذرت، شریف (۲۰۰۲) دریافت که اضافه کردن ۰/۵ تا ۱ کیلوگرم درهکتار اسید هیومیک به ترتیب عملکرد دانه و عملکرد ماده خشک گندم و ذرت را

بطور معنی‌داری افزایش می‌دهد. اضافه کردن ۵ کیلوگرم در هکتار اسید هیومیک عملکرد دانه را ۲۵٪ نسبت به شاهد بالا برد. نتایج این تحقیق با یافته‌های بسیاری از دانشمندان مطابقت دارد.

براونل و همکاران (۱۹۸۷) در یک آزمایش مزرعه‌ای اثر ترکیب اسید هیومیک استخراج شده از لیگنیت اکسید شده را بر عملکرد گوجه فرنگی، پنبه و انگور بررسی کردند و دریافتند که اسید هیومیک متوسط عملکرد گوجه فرنگی و پنبه را به ترتیب به میزان ۱۰ و ۱۱٪ نسبت به شاهد (عدم تیماردهی) افزایش داده است و همچنین در ارقام مختلف انگور افزایش عملکرد از ۳ تا ۷۰٪ نسبت به شاهد گزارش شد. تیمار غده‌های سیب زمینی با محلول ۱۰٪ اسید هیومیک نیز سبب افزایش عملکرد به میزان ۳۰ تا ۴۰٪ نسبت به شاهد شده و سبب افزایش معنی‌داری در تعداد و کیفیت غده‌های سیب زمینی گردید (کراوفورد و همکاران، ۱۹۶۸). تیمار ترکیبی اسیدهیومیک (۸ کیلوگرم در هکتار) و PGPR با شاهد اختلافی ندارد اما با دو تیمار ترکیبی اسیدهیومیک (۱۶ کیلوگرم در هکتار) و PGPR، و اسیدهیومیک (صفر کیلوگرم در هکتار) و PGPR تفاوت معنی‌دار دارد. نتایج این طور نشان می‌دهند که در کل اسید هیومیک بدون تلقیح با PGPR، باعث روند افزایشی در وزن صددانه شده است. اما با حضور PGPR سبب کاهش این صفت شده است. مصرف اسید هیومیک به تنهایی در هر دو سطح ۱۶ و ۸ کیلوگرم در هکتار نسبت به شاهد افزایش نشان می‌دهد (که تنها در سطح مصرف ۱۶ کیلوگرم در هکتار معنی‌دار می‌باشد)، اما با حضور PGPR نه تنها افزایش معنی‌داری صورت نگرفته، بلکه در تیمار ترکیبی اسیدهیومیک (۸ کیلوگرم در هکتار) و PGPR کاهش وزن صددانه به وجود آمده است. در اینجا به نظر می‌رسد که این فاکتورها بر هم اثر آنتاگونیستی دارند زیرا حضور اسید هیومیک بدون تلقیح باعث افزایش وزن صد دانه نسبت به شاهد شده است، اما مصرف توام آنها سبب کاهش وزن صد دانه شده است. این اثر آنتاگونیستی در سطح اسید هیومیک (۸ کیلوگرم در هکتار) بیشتر نمود پیدا کرده است. این اثر می‌تواند به دلیل کاهش pH در اثر استفاده از اسید هیومیک باشد (پرتاساتی و پرادو، ۲۰۰۷).

۴-۱۱- عملکرد دانه در هکتار

تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از نمونه برداری برای عملکرد دانه در هکتار نشان داد که کاربرد توام کودهای ورمی‌کمپوست و PGPR اثر متقابل معنی‌دار در سطح ۵٪ دارند (جدول ۳-۴). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که میانگین تیمار ورمی‌کمپوست (۶ تن در هکتار) بدون تلقیح با PGPR (۱۲۰۰/۵۴۸ کیلوگرم در هکتار) با تیمار شاهد (۹۴۱/۶۱۹ کیلوگرم در هکتار) تفاوت معنی‌دار دارد. که این تفاوت در جهت افزایش عملکرد است و سبب شد ۲۱/۵۳٪ نسبت به شاهد افزایش عملکرد داشته باشد. سایر تیمارها اختلافی باهم یا با شاهد ندارند (شکل ۹-۴). برای اکثر صفاتی که اثر متقابل ورمی‌کمپوست و باکتری‌های محرک رشد گیاه بر آنها معنی‌دار شد، تیمار ترکیبی ورمی‌کمپوست و PGPR باعث کاهش این صفات گردید. این موضوع می‌تواند به این دلیل باشد که ورمی‌کمپوست و PGPR میزان فسفر خاک را افزایش می‌دهند. زیادی این عنصر در خاک تاثیر سوئی بر قابلیت جذب سایر عناصر مانند پتاسیم و عناصر میکرو دارد و به این صورت باعث عدم تعادل تغذیه گیاه می‌گردد و ممکن است باعث کاهش رشد گیاه شود (ملکوتی و همکاران، ۱۳۸۷).



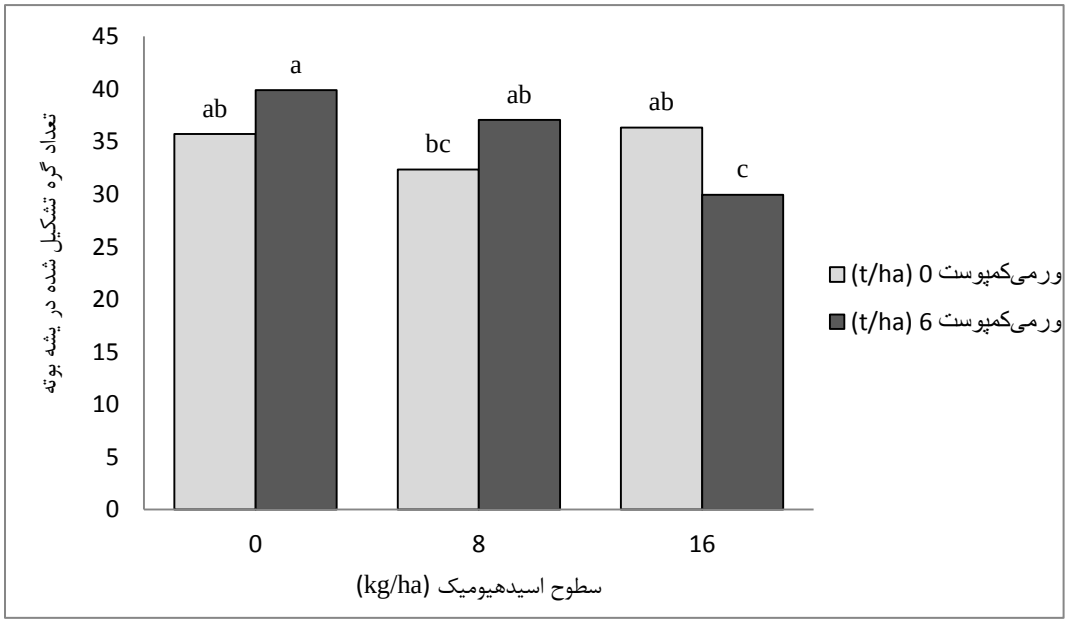
شکل ۹-۴- اثر متقابل ورمی‌کمپوست و باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد دانه در هکتار

در آزمایش‌های مختلف، عملکرد فلفل، فلفل دلمه‌ای، گوجه فرنگی و توت فرنگی نیز از طریق اصلاح خاک با ورمی‌کمپوست افزایش یافته است (گوتییرز-میسلی و همکاران، ۲۰۰۷). علیزاده و همکاران (۱۳۸۸) نیز بیان کردند که سطوح مختلف ورمی‌کمپوست بر عملکرد دانه، تعداد کل دانه، تعداد دانه

در ردیف بلال و تعداد ردیف دانه ذرت تاثیر گذار بوده و تفاوت معنی‌داری را نشان داد، بطوری که استفاده از ورمی‌کمپوست بر روی هر یک از این صفات بالاترین میزان را نسبت به شاهد نشان داد. فرناندز-لاکوینو و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که تعداد غلاف‌ها، وزن خشک غلاف، عملکرد هر گیاه و تعداد دانه لوبیا در گیاهان لوبیا در تیمارهای دارای میزان‌های متفاوت ورمی‌کمپوست نسبت به شاهد بیشترین بوده است. در آزمایشی با تلقیح ذرت علوفه‌ای، آزوسپیریلوم همراه با کمپوست قادر به افزایش وزن خشک ساقه بوده است (پیرومایو و همکاران، ۲۰۱۱). مطالعات نشان می‌دهند که ورمی‌کمپوست همراه با مقدارهای متفاوت مکمل کود معدنی افزایش معنی‌داری در رشد و عملکرد اقتصادی گیاه فلفل دارد (آرانکون و همکاران، ۲۰۰۳). با این حال عطیه و همکاران (۲۰۰۰) گزارش کردند که رشد گیاهچه‌های گوجه فرنگی در مخلوط گلدانی حاوی ۱۰۰٪ ورمی‌کمپوست بطور معنی‌داری کوتاهتر بوده و وزن خشک و تعداد برگ کمتری نسبت به شاهد داشت. تلقیح با برادی‌ریزوبیوم *Bradyrhizobium sp.* بعنوان باکتری آزادزی بیوماس کل و عملکرد دانه در نخود را نیز افزایش داده است (آلاگاوادی و گاور، ۱۹۸۸). زوریتا و کانیگیا (۲۰۰۸) و پیکسینین و همکاران (۲۰۱۱) بعد از تلقیح بذر گندم با *Azospirillum brasilense* افزایش معنی‌داری در عملکرد بدست آوردند. همچنین تولید اکسین و رشد ریشه را در گیاه تربچه افزایش داده است (گالگویلاس و همکاران، ۲۰۰۰). هانگریا (۲۰۱۱) نیز با تلقیح ذرت و گندم با *Azospirillum sp.* افزایش متوسط ۲۶٪ در عملکرد ذرت و ۳۱٪ برای گندم گزارش کرد. در آزمایشی بر روی برنج بعد از ۱۲۰ روز از زمان کاشت، دانه‌های برنج جمع‌آوری و وزن شدند، بالاترین عملکرد زمانی به دست آمد که*Azospirillum brasilense* و کود اوره در تیمار مشابه به کار برده شدند. همچنین نژادهای *Azospirillum brasilense* مورد استفاده بطور جداگانه بعنوان مایه تلقیح در گیاه برنج، مقدار بالاتر عملکرد دانه در مقایسه با شاهد را تولید کردند (پدرازا و همکاران، ۲۰۰۹).

۴-۱۲- تعداد گره تشکیل شده در سیستم ریشه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های مربوط به تعداد گره تشکیل شده در سیستم ریشه بوته نشان داد که اثر متقابل کودهای ورمی‌کمپوست و اسیدهیومیک در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار است (جدول ۴-۴). رودرش و همکاران (۲۰۰۵) در آزمایش گلدانی کنترل شده اختلاف معنی‌داری بین کاربرد تنهای ریزوبیوم و استفاده توام ریزوبیوم و باکتری‌های حل کننده فسفات (Phosphate Solubilizing Bacteria) (PSB) از نظر تعداد گره و وزن خشک گره در گیاهان نخود مشاهده نکردند در حالی که گال و همکاران (۲۰۰۴) نشان دادند استفاده از باکتری‌های حل کننده فسفات باعث افزایش معنی‌دار وزن خشک گره در گیاه نخود می‌شود. مقایسه میانگین‌ها (شکل ۱۰-۴) نشان داد که تیمار ترکیبی اسید هیومیک در سطح سوم (۱۶ کیلوگرم در هکتار) و ورمی‌کمپوست با شاهد و سایر تیمارهای دیگر اختلاف معنی‌دار داشت. اسید هیومیک باعث کاهش تعداد گره در ریشه شده است. عدم مصرف اسید هیومیک تاثیر معنی‌داری در سطوح مختلف ورمی‌کمپوست ایجاد نکرد.



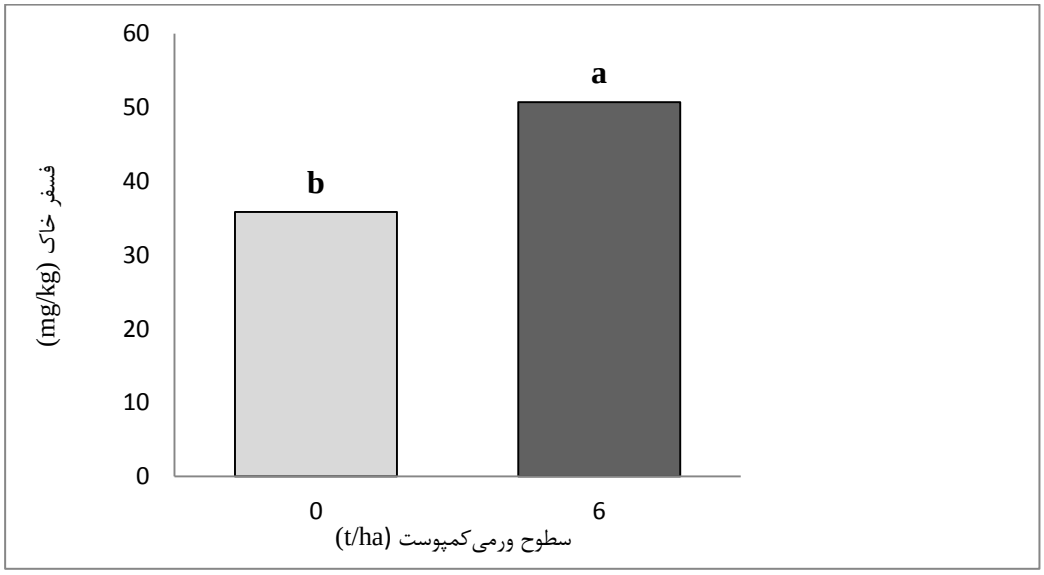
شکل ۱۰-۴- اثر متقابل ورمی‌کمپوست و اسید هیومیک بر تعداد گره تشکیل شده در ریشه در مرحله اوایل گلدهی

این نتایج بیان کننده اثر منفی کاربرد توام اسیدهیومیک و ورمی‌کمپوست هستند زیرا با افزایش سطوح کاربرد آن تعداد گره کاهش یافته است. اما کاربرد اسید هیومیک به تنهایی در هر سطح اثری بر این پارامتر نداشته است زیرا این تیمارها تفاوت معنی‌داری با شاهد ندارند. تولیدات نهایی

فرایندهای هومیفیکاسیون و ورمی‌کمپوستینگ تولید مواد تثبیت شده است که با اسیدهای هیومیک غنی شده‌اند. ورمی‌کمپوست‌های تولید شده از کودهای حیوانی، لجن فاضلاب یا لجن آسیاب کاغذ حاوی مقدارهای زیادی از مواد هیومیک می‌باشند (سنسی و همکاران، ۱۹۹۲؛ الویرا و همکاران، ۱۹۹۸). با در نظر گرفتن این موضوع، این احتمال به وجود می‌آید که اسید هیومیک بکاربرده شده در این آزمایش همراه با اسید هیومیک موجود در ورمی‌کمپوست سبب اسیدی شدن بیشتر محیط ریشه شده و pH را کاهش داده‌اند که یک عامل منفی برای فعالیت گره‌سازی در سیستم ریشه می‌باشد.

۴-۱۳- فسفر خاک

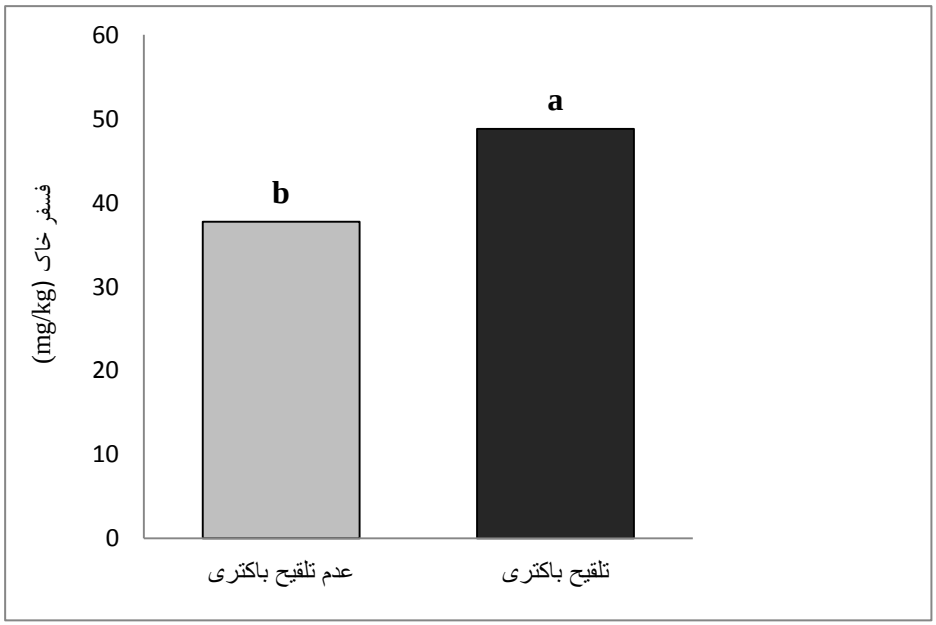
تجزیه واریانس نشان داد که اثر اصلی ورمی‌کمپوست (فاکتور A) بر میزان فسفر قابل جذب در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار است (جدول ۴-۴). نتایج مقایسه میانگین هم بیانگر اختلاف معنی‌دار بین دو تیمار کاربرد ورمی‌کمپوست (۶ تن در هکتار) (۵۰/۷۱۰ mg/kg) و عدم کاربرد ورمی‌کمپوست (۳۵/۸۴۲ mg/kg) با میانگین می‌باشد (شکل ۱۱-۴). این تاثیر گذاری در جهت مثبت بوده است یعنی کاربرد ورمی‌کمپوست میزان فسفر خاک را به اندازه ۱۴/۸۶۸ mg/kg افزایش داده است.



شکل ۱۱-۴- اثر سطوح فاکتور اصلی A (ورمی‌کمپوست) بر میزان فسفر خاک

پرامانیک و همکاران (۲۰۰۹) نشان دادند که ورمی‌کمپوست فسفر قابل دسترس را در خاک افزایش می‌دهد. در یک تحقیق کوماری و یوشا کوماری(۲۰۰۲) نشان دادند که ورمی‌کمپوست غنی شده با سنگ فسفات فراهمی زیستی فسفر را افزایش داده و منجر به افزایش عملکرد و جذب مواد غذایی در لوبیای چشم بلبلی شده است. ادواردز و همکاران (۲۰۱۰) تأثیر کرم های خاکی و فضولات آنها را بر رشد گیاهان مورد مطالعه قرار داده و مشاهده کردند که مقادیر عناصر غذایی Mn , Ca , K , P, N و فراهمی آنها برای گیاهان در ورمی‌کمپوست در مقایسه با سایر بسترهای کشت بسیار بالاتر بود.

همچنین تجزیه واریانس داده‌های حاصل از اندازه گیری میزان فسفر خاک نشان داد که اثر اصلی PGPR بر میزان فسفر خاک در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار است (جدول ۴-۴). مقایسه میانگین‌های دو تیمار تلقیح و عدم تلقیح PGPR نشان داد که این دو تیمار تفاوت معنی‌دار دارند و تلقیح با PGPR (۴۸/۷۸۰ mg/kg) نسبت به عدم تلقیح (۳۷/۷۷۲ mg/kg) فسفر خاک را به اندازه ۱۱/۰۰۸ mg/kg افزایش داده است (شکل ۱۲-۴).



شکل ۱۲-۴- اثر سطوح فاکتور اصلی B (باکتری‌های محرک رشد) بر میزان فسفر خاک

بعد از نیتروژن، فسفر محدود کننده تغذیه گیاه در اغلب خاک‌ها است و آن اغلب از طریق تثبیت بصورت اکسیدهای/هیدروکسیدهای آلومینیوم و آهن یا بارندگی بصورت محلول ضعیف کلسیم-فسفر،

آهن-فسفر و آلومینیوم-فسفر فسفر را غیرمتحرک می‌کند (رودریگز و فراگا، ۱۹۹۹؛ ریچاردسون، ۲۰۰۱). یکی از فاکتورهای محدود کننده اصلی تثبیت بیولوژیکی نیتروژن قابلیت دسترسی به فسفر است که یک عنصر مهم در متابولیسم گره است (ارمان و همکاران، ۲۰۱۱). خیلی از باکتری‌های خاک از جمله گونه‌های سودوموناس، ازتوباکتر، باسیلوس‌ها و ریزوبیوم‌ها فسفر قابل دسترس در خاک را افزایش داده‌اند (بارروسو و ناهاس، ۲۰۰۵؛ پاندیی و همکاران، ۲۰۰۵؛ ریواس و همکاران، ۲۰۰۶؛ احمد و همکاران، ۲۰۰۸). باکتری‌های محرک رشد گیاه با تولید اسیدهای آلی باعث آزاد سازی فسفر از فرم‌های غیر قابل دسترس برای گیاه شده و در نتیجه سبب افزایش فراهمی و جذب فسفر می‌گردد (روساس و همکاران، ۲۰۰۶). مثلا باکتری سودوموناس با ترشح آنزیم فسفاتاز باعث آزاد سازی یون فسفات از ترکیبات حاوی فسفات نامحلول می‌گردد (ویلگاس و فورتین، ۲۰۰۲). با توجه به این دلایل، محققان به این نتیجه رسیده‌اند که بهره‌برداری از میکروارگانیسم‌های ریزوسفری حل کننده فسفات بعنوان کود بیولوژیک پتانسیل کارایی استفاده از فسفات را در کشاورزی افزایش می‌دهد (براون و همکاران، ۲۰۰۹). بسیاری از مطالعات نشان داده‌اند که ریز جانداران حل‌کننده فسفات (Phosphate Solubilizing Microorganisms) (PSM) فسفر تثبیت شده در خاک را حل کرده و باعث بهبود عملکرد گیاه می‌شوند (گال و همکاران، ۲۰۰۴؛ زیدی، ۱۹۹۹). کومار و نارولا (۱۹۹۹) توانایی انحلال فسفات معدنی را دربعضی PGPR گزارش نموده‌اند.

نتیجه گیری کلی

نتایج این آزمایش بیانگر این موضوع می‌باشند که کودهای آلی و زیستی ورمی‌کمپوست، اسید هیومیک و باکتری‌های محرک رشد گیاه (PGPR) می‌توانند بر برخی صفات و خصوصیات مورفولوژیک گیاه زراعی نخود در شرایط دیم اثر گذار باشند. بدین ترتیب که کاربرد توام ورمی‌کمپوست و باکتری‌های محرک رشد گیاه بر وزن خشک اندام‌های هوایی گیاه، وزن خشک کاه و کلش، وزن خشک مجموع غلاف و دانه ، وزن خشک دانه، وزن صددانه، عملکرد دانه در هکتار و همچنین وزن خشک ریشه در برخی مراحل رویشی و برداشت گیاه تاثیر داشته‌اند. در مورد همه صفات ذکر شده اثر ترکیبی ورمی‌کمپوست و PGPR منفی بوده و باعث کاهش صفت شده است. ورمی‌کمپوست به تنهایی بر صفات مذکور و نیز میزان فسفر قابل دسترس خاک اثر مثبت معنی‌دار داشته و باعث افزایش آنها گردیده است و بر سایر صفات مورد بررسی اثر معنی‌دار نداشته است. البته ورمی‌کمپوست بصورت ترکیب با اسید هیومیک سبب کاهش تعداد گره‌های تشکیل شده در سیستم ریشه شده است که ممکن است به دلیل کاهش pH در اثر کابرد اسید هیومیک باشد که کاهش pH برای فعالیت باکتری‌های گره‌ساز مضر است.

تلقیح بذر نخود با باکتری‌های محرک رشد (PGPR)، بصورت جداگانه اثر مثبت معنی‌داری بر هیچ کدام از صفات بررسی شده نداشته است، البته در بعضی موارد مانند وزن خشک کل گیاه در مراحل اواسط رشد رویشی و برداشت ، وزن خشک کاه و کلش در مرحله برداشت، وزن خشک غلاف و دانه باهم، وزن خشک دانه، وزن صددانه، عملکرد دانه در هکتار تا حدودی اثر مثبت بر صفات داشته است ولی این اثر معنی‌دار نبوده است همچنین بر میزان فسفر خاک تاثیر مثبت معنی‌دار داشته است. کاربرد این کود زیستی سبب کاهش معنی‌دار صفاتی مانند وزن خشک اندام‌های هوایی گیاه در مرحله گلدهی کامل، عملکرد دانه و وزن خشک ریشه شده و نیز در ترکیب با اسید هیومیک وزن صددانه را بطور معنی‌داری کاهش داده است.

کاربرد اسید هیومیک در این آزمایش نسبت به کودهای ورمی‌کمپوست و باکتری‌های محرک رشد کمترین تاثیر را بر گیاه نخود در شرایط دیم داشته است. کاربرد این ماده آلی بطور جداگانه و غیر ترکیبی هیچ گونه اثری بر صفات مورد بررسی نداشته است. اسید هیومیک همراه با باکتری‌های محرک رشد گیاه باعث کاهش وزن صددانه گردیده است. همچنین در ترکیب با ورمی‌کمپوست بر تعداد گره تشکیل شده در ریشه بصورت متقابل اثر معنی‌دار داشته، که این اثر نیز آنتاگونیستی بوده و تعداد گره‌ها را کاهش داده است. این اثرات منفی احتمالا مربوط به کاهش pH در کاربرد اسید هیومیک می‌باشد زیرا این ماده آلی می‌تواند اسیدیته خاک را تا میزان ۵/۵ کاهش دهد. از آنجایی که کشت این محصول در کشور بیشتر در اواخر زمستان و اوایل بهار به صورت دیم انجام می‌شود، بنابراین این گیاه در طول دوره رشد خود بویژه در طول رشد زایشی با افزایش درجه حرارت و تنش خشکی مواجه شده که این امر گاهی منجر به کاهش رشد و عملکرد می‌شود. بنابراین این احتمال وجود دارد که اثرات منفی ایجاد شده به دلیل شرایط دیم باشد زیرا این شرایط باعث ایجاد تنش می‌شود که فعالیت باکتری‌ها را کاهش داده است.

در پایان می‌توان اینطور جمع‌بندی کرد که مناسب‌ترین کود در این آزمایش برای کشت گیاه نخود، ورمی‌کمپوست (بدون کاربرد PGPR و اسید هیومیک) بوده در حالی که اسید هیومیک کمترین اثر را داشته است. همچنین کاربرد این کودها بصورت ترکیبی اثر منفی بر خصوصیات گیاه نخود دارد. در استفاده از این مواد باید محتاط باشیم زیرا همان گونه که در دهه‌های گذشته استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیایی نتایج غم‌انگیزی را به بار آورده است، کاربرد نادرست این نوع کودها نیز می‌تواند منجر به عواقب ناگوار شود مثلا در همین آزمایش برخی اثرات ترکیبی کودها باعث کاهش برخی صفات شده‌اند (اثر متقابل منفی باکتری‌های و اسید هیومیک بر وزن صددانه). به عبارت دیگر علیرغم نتایج مثبت کودهای آلی و زیستی در شرایط کشت آبی به نظر می‌رسد کاربرد این کودها در شرایط دیم باید با مطالعه بیشتری صورت پذیرد.

پیشنهادات

در صورت تکرار این تحقیق بهتر است کاربرد اسید هیومیک هم بصورت محلول پاشی و هم بصورت مصرف خاکی استفاده شود.

بهتر است در یک منطقه این تحقیق هم در شرایط آبی و هم در شرایط دیم بصورت همزمان اجرا شود جهت این که اثرات ترکیبی کودها بهتر معلوم گردد.

برای بهتر شناخته شدن اثر کودهای آلی و زیستی بهتر است سطوح مورد استفاده آنها جهت انتخاب بهترین میزان مصرف بیشتر باشد به این دلیل که برای کشاورزان نیز از لحاظ هزینه قابل قبول باشد.

جدول ۱-۴- جدول تجزیه واریانس وزن خشک اندام‌های هوایی بوته در مراحل مختلف رشد گیاه نخود

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		وزن خشک کل ۴۰ روز پس از کاشت	وزن خشک کل ۵۵ روز پس از کاشت	وزن خشک کل ۷۰ پس روز از کاشت	وزن خشک کل ۸۵ روز پس از کاشت	وزن خشک کل ۹۷ روز پس از کاشت
R	۲	۰/۱۶۶	۱/۷۳۲	۲۳۲/۱۱۶**	۲۴/۰۵۹	۳/۰۶۷
ورمی کمپوست (A)	۱	۰/۰۳۵	۰/۱۵۶	۱۴/۵۸	۰/۰۴۳	۱/۷۲۵
باکتری‌های محرک رشد (B)	۱	۰/۱۶۷	۱/۸۴۵	۱۹۱/۱۱۱*	۳/۷۹	۵/۲۹
A × B	۱	۰/۰۱۲	۵/۶۷۲**	۷/۸۶۸	۱۵/۲۳۶	۵۸/۳۱۹*
اسید هیومیک (C)	۲	۰/۰۰۱	۰/۷۳۰	۵/۶۰۷	۴/۸۰۷	۹/۰۹۴
A × C	۲	۰/۰۷۳	۰/۲۷۳	۵/۶۷۸	۱۳/۵۲	۱/۴
B × C	۲	۰/۰۵۶	۰/۳۶۶	۴/۵۷۲	۳/۹۳۵	۰/۹۴۶
A × B × C	۲	۰/۰۱۸	۱/۴۶۱	۳/۵۶۸	۳/۶۸۲	۳/۲۸۴
خطاE	۲۲	۰/۰۵۸	۰/۶۶۰	۳/۵۱۱	۱۲/۵۷۱	۹/۸۷۶
CV (%)		۲۵/۰۲	۲۹/۰۹	۲۶/۰۱	۳۱/۳۶	۲۹/۲

علامت * و ** بترتیب نشانه وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد

جدول ۲-۴- جدول تجزیه واریانس ارتفاع بوته، وزن خشک غلاف و دانه باهم، وزن دانه، وزن خشک غلاف، و خشک کاه و کلش

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	وزن خشک دانه	وزن خشک غلاف	وزن خشک کاه و کلش
		میانگین مربعات			
R	۲	۲۶/۵۳۰*	۰/۹۳۲	۰/۱۰۶	۱/۱۶۶
ورمی کمپوست (A)	۱	۱۳/۶۹۰	۱/۰۵۱	۰/۰۰۰	۱/۳۶۹
باکتری‌های محرک رشد (B)	۱	۸/۴۱۰	۳/۷۷۰	۰/۴۳۸	۰/۰۰۰
A × B	۱	۱۶/۸۱۰	۱۹/۴۹۲*	۱/۰۴۴	۱۰/۸۶۸**
اسید هیومیک (C)	۲	۳/۰۶۳	۲/۰۸۲	۰/۲۸۴	۳/۱۳۹
A × C	۲	۱۵/۰۱۰	۱/۳۸۳	۰/۱۱۶	۰/۵۴۵
B × C	۲	۳/۵۸۳	۰/۵۶۳	۰/۰۹۵	۰/۰۰۵
A × B × C	۲	۲/۵۰۳	۱/۶۱۰	۰/۰۹۹	۰/۲۴۹
Eخطا	۲۲	۵/۳۰۱	۳/۱۵۳	۰/۳۳۱	۱/۳۳۳
CV (%)		۸/۰۵	۲۴/۰۷	۳۳/۹۹	۲۸/۰۶

وجود علامت *و ** بترتیب نشانه وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد

جدول ۳-۴-جدول تجزیه واریانس تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته، وزن صد دانه، عملکرد در هکتار

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	تعداد دانه در بوته	وزن صد دانه	عملکرد دانه در هکتار
		میانگین مربعات				
R	۲	۲۹/۸۶۸	۰/۰۰۸	۳۸/۰۰۸	۶/۴۷۲	۳۱۰۴۹/۴۹۲
ورمی کمپوست (A)	۱	۲۶/۶۹۴	۰/۰۰۴	۳۸/۸۵۴	۱/۵۱۷	۲۰۹۹۸/۴۲۷
باکتری‌های محرک رشد (B)	۱	۲۶/۶۹۴	۰/۰۱۰	۴۴/۰۰۱	۲/۷۷۲	۵۵۶۸/۹۱۷
A × B	۱	۱۲۰/۲۶۸	۰/۰۱۰	۸۸/۹۸۸	۱۸/۳۰۴*	۱۳۷۲۷۶/۴۰۵*
اسید هیومیک (C)	۲	۲۴/۰۲۱	۰/۰۰۳	۷/۵۶۸	۸/۴۹۸	۱۲۶۵۰/۱۸۲
A × C	۲	۶/۸۴۸	۰/۰۰۲	۸/۲۲۱	۰/۰۷۰	۲۲۸۴۵/۶۴۸
B × C	۲	۷/۴۴۸	۰/۰۰۲	۱۹/۷۴۸	۱۸/۳۳۸*	۴۳۱۱/۵۸۰
A × B × C	۲	۱۸/۰۰۸	۰/۰۱۴	۳۶/۰۴۱	۶/۴۴۵	۲۷۵۱۰/۱۵۱
Eخطا	۲۲	۳۷/۰۸۵	۰/۰۱۰	۵۷/۸۱۷	۳/۴۲۸	۲۴۰۸۹/۲۸۶
CV (%)		۳۰/۵۴	۱۰/۴۳	۳۰/۲	۵/۳۲	۲۱/۳۷

وجود علامت * و ** بترتیب نشانه وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد

جدول ۴-۴-جدول تجزیه واریانس وزن خشک ریشه، تعدا گره تشکیل شده بر ریشه و میزان فسفر خاک

	میانگین مربعات		
منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد گره تشکیل شده بر ریشه	فسفر خاک
R	۲	۱۵/۰۰۳	۱۶۴۲/۷۳۰**
ورمی کمپوست (A)	۱	۶/۲۳۳	۱۹۸۹/۶۰۶**
باکتری‌های محرک رشد (B)	۱	۲۷/۸۴۳	۱۰۹۰/۶۲۱*
A × B	۱	۵/۲۱۴	۳/۸۸۷
اسید هیومیک (C)	۲	۶۷/۷۳۱	۴۶/۸۳۳
A × C	۲	۱۱۷/۶۴۶*	۵۴۶/۳۹۵
B × C	۲	۱۲/۱۷۸	۴۰۲/۴۱۸
A × B × C	۲	۳/۸۷۲	۶۵۳/۱۱۲
Eخطا	۲۲	۲۱/۳۳۶	۲۴۵/۲۵۵
CV (%)		۱۳/۱۲	۲۷/۲۶

وجود علامت * و **بترتیب نشانه وجود اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشد

منابع

احمدپور، س.ر.، بهمنیار، م.ح.، سالک گیلانی، س.، فرقانی، ا.، ۱۳۹۰. ارزیابی **میزان** فعالیت آنزیم‌های اوره آز و فسفاتاز قلیایی و تغییر بعضی خصوصیات شیمیایی در خاک تیمار شده با کمپوست و ورمی‌کمپوست تحت کشت ذرت. مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک وآب). الف/ جلد ۲۵/ شماره ۱، ۱۱۳-۱۲۳.

اسدی رحمانی، ه.، خاوازی، ک.، اصغرزاده، ا.، رجالی، ف.، ۱۳۸۴. کودهای بیولوژیک، مکمل یا جایگزین کودهای شیمیایی مجموعه مقالات ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور. چاپ دوم با بازنگری بنیادی. ۳۲-۴۱.

اسکندری، م.، آستارایی، ع.، ۱۳۸۶. تاثیر مواد آلی مختلف بر خصوصیات رشدی و وزن کل زیست توده و دانه گیاه نخود. مجله پژوهش‌های زراعی ایران، جلد ۵، شماره ۱، ۲۷-۱۹.

اشرفی، ا.، ۱۳۸۰. غنی سازی کودهای آلی توسط ترکیبات معدنی آهن. پایان نامه کارشناسی ارشد، خاکشناسی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

انصاری جوینی، م.، چائی چی، م.ح.، کشاورز افشار، ر.، احتشامی، س.م.ر.، ۱۳۹۰. بررسی تاثیر روش‌های مختلف کاربرد باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد سورگوم علوفه‌ای رقم اسپیدفید. مجله علوم گیاهان زراعی ایران. دوره ۴۲، شماره ۲، ۳۲۹-۳۳۷.

انواع کودهای بیولوژیک. نت پلاک. Arashhemati.netpelak.com/post-1271.html

بشرا امین. کشاورزی پایدار و نوین. www.boshraamin.com/?p=1634

توشیح، و.، سدری، م.ح.، رضایی، ل.، اصغرزاده، ا.، ۱۳۸۶. بررسی امکان جایگزینی کودهای شیمیایی ازته با مایه تلقیح مزوریزوبیوم در زراعت نخود دیم کردستان. دهمین کنگره علوم خاک ایران. پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران. کرج. ۴-۶ شهریور ۱۳۸۶.

جهان، م.، کوچکی، ع.ر.، نصیری محلاتی، م.، ۱۳۸۶. رشد، فتوسنتز و عملکرد ذرت در پاسخ به تلقیح با قارچ میکوریز و باکتری‌های آزادزی تثبیت کننده نیتروژن در نظام‌های زراعی رایج و اکولوژیک. مجله پژوهش‌های زراعی ایران، جلد۵، شماره ۱، ۵۳-۶۷.

حاجیلو، م.، سلیمی، ح.، اصغری، ح. ر.، خاوازی، ک.، ۱۳۸۹. استفاده از باکتری‌های محرک رشد گیاه به عنوان کود زیستی در جهت پایداری اکوسیستم‌های زراعی. اولین کنگره چالش‌های کود در ایران: نیم قرن مصرف کود. ۱۲ اسفند. هتل المپیک. تهران. ۱-۱۴.

حمیدی، آ.، اصغرزاده، ا.، چوگان، ر.، دهقان شعار، م.، قلاوند، ا.، ملکوتی، م.ج.، ۱۳۸۹. تأثیر کاربرد باکتری های افزاینده رشد گیاه (PGPR) بر تسهیم ماده خشک و برخی ویژگی های رشد ذرت در شرایط گلخانه. مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب). الف، جلد ۲۴، شماره ۱، ۵۵-۶۷.

خزاعی ، ح.ر.، مهدی پارسا، م.، حسین پناهی ، ف.، ۱۳۸۷. اثرات تلقیح نژادهای بومی ریزوبیوم بر گرهزایی ژنوتیپ های دسی و کابلی نخود تحت رژیم های مختلف رطوبتی در مرحله رشد رویشی (*Cicer arietinum* L.). مجله پژوهشهای زراعی ایران، جلد ۶، شماره ۱، ۸۹-۹۷.

خندان بجندی، ت.، سیدشریف،ی ر.، صدقی، م.، اصغری زکریا، ر.، نامور، ع.، مولایی، پ.، جعفری مقدم، م.، ۱۳۸۹. تأثیر تراکم بوته و باکتری ریزوبیوم همراه با کاربرد ریزمغذی‌ها بر عملکرد و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک موثر بر رشد نخود (*Cicer arietinum* L.). مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. جلد سوم، شماره اول، ۱۳۹-۱۵۷.

داعی، م.ع.، سرداری مهرآباد، م.، ۱۳۸۹. هیومیک اسید و نقش آن در کشاورزی پایدار. اولین همایش ملی کشاورزی پایدار و تولید محصول سالم. اصفهان. ۹-۲۰ آبان. ۱-۴.

رجایی، س.، علیخانی، ح.ع.، رئیسی، ف.، ۱۳۸۶. اثر پتانسیل‌های محرک رشد سویه‌های بومی ازتوباکتر کروکوکوم روی رشد، عملکرد و جذب عناصر غذایی در گندم. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال ۱۱، ۴۱، ۲۸۵-۲۹۶.

رستگار، م.ع.، ۱۳۸۷. دیمکاری. انتشارات برهمند.

ریحانی‌تبار، ع.، صالح‌راستین، ن.، محمدی، م.، علیخانی، ح.ع.، ۱۳۸۲. بررسی فراوانی و انتشار سودوموناس‌های فلورسنت در مزارع گندم در استان تهران و توان بازدارندگی جدایه‌ها از رشد قارچ عامل پاخوره گندم. مجله علوم کشاورزی ایران جلد ۳۰، شماره ۳، ۵۷۱-۵۷۳.

ریحانی‌تبار، ع.، صالح‌راستین، ن.، علیخانی، ح.ع.، محمدی، م.، ۱۳۸۱. تاثیر مایه تلقیح سودوموناس فلورسنس بر روی عملکرد و اجزای عملکرد گندم بهاره در شرایط گلخانه‌ای. مجله علوم خاک، جلد۱۶، شماره۱، ۶۷-۸۲.

زند، ا.، باغستانی، م.ع.، شیمی، پ.، فقیه، س.ا.، موسوی، م.ر.، ۱۳۸۱. علف هرز تلخه. انتشارات فنی معاونت ترویج وزارت جهاد کشاورزی.

سبزواری، س.، خزاعی، ح.ر.، ۱۳۸۸. اثر محلول پاشی سطوح مختلف اسید هیومیک بر خصوصیات رشدی، عملکرد و اجزاء عملکرد گندم (*Triticum aestivum.* L.) رقم پیشتاز. نشریه بوم شناسی کشاورزی، جلد ۱، شماره ۲، ۵۳-۶۳.

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

شریعتمداری، م.، قادری، ج.، ۱۳۸۴. کاهش مصرف کودهای ازته از طریق افزایش پتانسیل تثبیت بیولوژیک ازت در مناطق زیر کشت نخود دیم. نهمین کنگره علوم خاک ایران. مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور. تهران. ۶-۹ شهریور.

عباسی، م.، نجفی، ن.، علی اصغرزاد، ن.، اوستان، ش.، ۱۳۹۱. اثر شرایط رطوبتی خاک و کودهای آلی و شیمیایی بر ویژگی‌های رشد و کارآیی مصرف آب برنج در یک خاک قلیایی غیرآهکی. مجله علوم و فنون گلخانه‌ای، سال سوم، شماره۱۱، ۱-۱۶.

علیزاده، ا.، علیزاده، ا.، آریانا، ل.، ۱۳۸۸. بهینه سازی مصرف نیتروژن و فسفر در زراعت پایدار ذرت با استفاده از میکوریزا و ورمی کمپوست. مجله یافته های نوین کشاورزی. سال سوم -شماره ۳، ۳۱۶-۳۰۳.

علیخانی، ح.، صالح راستین، ن.، ۱۳۸۰. ضرورت تولید انبوه کودهای بیولوژیک محرک رشد گیاه PGPB در راستای نیل به کشاورزی پایدار. مجموعه مقالات ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور، نشر آموزش کشاورزی، کرج.

علیمددی، ا.، جهانسوز، م. ر.، بشارتی، ح.، توکلی افشاری، ر.، ۱۳۸۹. ارزیابی تاثیر ریزجانداران حل کننده فسفات، مایکوریزا و پرایمینگ بذر بر گره‌زایی نخود. مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب)، جلد۲۴، شماره۱، ۴۲-۵۳.

قربانی، ص.، خزاعی، ح.ر.، کافی، م.، بنایان اول، م.، ۱۳۸۹. اثر کاربرد اسید هیومیک در آب آبیاری بر عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت (*Zea mays* L.). نشریه بوم شناسی کشاورزی. جلد ۲، شماره ۱، ۱۱۱-۱۱۸.

کاظمی پشت مساری، ح.، پیردشتی، ه.ا.، بهمنیار، م.ع.، ۱۳۸۶. مقایسه اثرات کودهای فسفره معدنی و زیستی بر ویژگی های زراعی دو رقم باقلا (*Vicia faba* L.). ، **مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی.** شماره ۶، جلد ۱۴ ، ص ۲۱.

کریمی ه.، ۱۳۶۸. گیاهان زراعی. انتشارات دانشگاه تهران.

کوچکی، ع.، بنایان اول، م.، ۱۳۷۲. زراعت حبوبات، جهاد دانشگاهی مشهد.

مجنون حسینی، ن.، ۱۳۸۷. زراعت و تولید حبوبات. انتشارات دانشگاه تهران.

محمدی، خ.، قلاوند، ا.، آقاعلیخانی، م.، سهرابی، ی.، حیدری، غ.ر.، ۱۳۸۹. تاثیر پذیری کیفیت دانه نخود از سیستم های مختلف افزایش حاصلخیزی خاک. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی . شماره اول. جلد سوم. ۱۰۳-۱۱۹.

مرادی، م.، مدنی، ح.، پیله وری خمامی، ر.، ۱۳۸۹. کاربرد فسفر بیولوژیک و مقایسه آن با فسفر شیمیایی بر خصوصیات کمی آفتابگردان در منطقه اراک. یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. دانشگاه شهید بهشتی، تهران.۲۸۲ ص .

مرادی، ر.، رضوانی مقدم، پ.، نصیری محلاتی، م.، لکزیان، ا.، ۱۳۸۸. بررسی تأثیر کودهای بیولوژیک و آلی بر عملکرد، اجزای عملکرد دانه و میزان اسانس(*Foeniculum vulgare*). مجله پژوهش‌های زراعی ایران. جلد ۷، شماره ۲، ۶۲۵-۶۳۵.

ملکوتی، م.ج.، نفیسی، م.و خاوازی، ک.، ۱۳۸۳. مصرف بهینه کود، گامی ارزنده به سوی امنیت غذایی و دستیابی به کشاورزی پایدار. مجموعه مقالات اصول تغذیه ذرت، بهینه سازی مصرف کود، گامی به سوی خودکفایی در تولید ذرت در کشور ، انتشارات سنا. ۱۲-۳۷.

ملکوتی، م.ج.، کشاورز، پ. و کریمیان، ن.، ۱۳۸۷. روش‌های جامع و توصیه بهینه کود برای کشاورزی پایدار. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، چاپ هفتم، ص ۷۵۵.

مللی، ا.ر.، شریعتمداری، ح.، ۱۳۸۶. کاربرد سرباره و لجن کنورتور فولاد سازی در غنی سازی کود دامی جهت تغذیه ذرت در شرایط گلخانه. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، سال ۱۱، شماره ۴۲(ب)، ۵۱۳-۵۰۵.

میرزایی تالارپشتی، ر.، کامبوزیا، ج.، صباحی، ح.، مهدوی دامغانی، ع. ا.، ۱۳۸۸. اثر کاربرد کودهای آلی بر خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک و تولید محصول و ماده خشک گوجه فرنگی (*Lycopersicon esculentum*.L).مجله پژوهش‌های زراعی ایران. ۲۶۸-۲۵۷.

میرشکاری، ب.، اسدی رحمانی، ه.، میرمظفری رودسری، آ.، ۱۳۸۸. تاثیر تلقیح بذر با باکتری‌های آزوسپیریلوم و پوشش‌دار کردن آن با عناصر ریزمغذی بر عملکرد دانه و اسانس زیره سبز. فصلنامه علمی-پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. جلد ۲۵، شماره۴، ۴۸۱-۴۷۰.

ناسوتی میاندوآب، ر.، سماوات، س.، طهرانی، م.م.، ۱۳۹۰. خواص کود اسید هیومیک بر گیاه و خاک. مجله کشاورزی و غذا. شماره ۱۰۱. ۵۳-۵۵.

نصیری محلاتی، م.، کوچکی، ع.ر.، رضوانی، پ.، بهشتی، ع.ر.، ۱۳۸۰. اگرواکولوژی. (ترجمه). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. شماره ۲۹۹.

Ahmad, F., Ahmad, I., Khan, M.S., 2008. Screening of free-living rhizospheric bacteria for their multiple plant growth promoting activities. Microbiological Research. 163, 173-181.

Aira, M., Gómez-Brandón, m., Lazcano, C., Baath, E., Domínguez, J.,2010. Plant genotype strongly modifies the structure and growth of maize rhizosphere microbial communities. Soil Biology & Biochemistry. 42, 2276-2281

Alagawadi, A.R.R., Gaur, A.C., 1988. Associative effect of *Rhizobium* and phosphate solubilizing bacteria on the yield and nutrient uptake of chickpea. Plant Soil 105, 241–246.

Albanell, E., Plaixats, J., Cabrero, T., 1988. Chemical changes during vermicomposting (*Eisenia fetida*) of sheep manure mixed with cotton industrial wastes. Biology and Fertility of Soils. 6, 266-269.

Alexandre, A., Brígido, C., Laranjo, M., Rodrigues, S., Oliveira, S. 2009. A survey of chickpea rhizobia diversity in Portugal reveals the predominance of species distinct from *Mesorhizobium ciceri* and *Mesorhizobium mediterraneum*. Microb. Ecol. 58, 930–941.

Ampomah, O.Y., Huss-Danel, K., 2011. Genetic diversity of root nodule bacteria nodulating Lotus corniculatus and Anthyllis vulneraria in Sweden. Systematic and Applied Microbiology. 34, 267–275.

Andrade, G., De Leij, F.A.A.M., Lynch, J.M., 1998. Plant mediated interactions between *Pseudomonas fluorescens*, *Rhizobium leguminosarum* and arbuscular mycorrhiza on pea. Lett. Appl. Microbiol. 26, pp 311.

Anwar, M., Patra, D.D., Chand, S., Alpesh, K., Naqvi, A.A.A., 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 Sci. and Plant Analysis. 36, 1737-1746.

Arancon, N.R., Edwards, C.A., Blerman, P., Metzger, J.D., Lee, S., Welch, C., 2003. Effects of vermicomposts on growth and marketable fruits of field-grown tomatoes, peppers and strawberries. Pedobiologia. 47, 731–735.

R.M. Atiyeh, S. Lee, C.A. Edwards *, N.Q. Arancon, J.D. Metzger

Atiyeh, R.M., Lee, S., **Edwards, C.A., Arancon, N.Q., Metzger, J.D., 2002.** The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. Bioresource Technology. 84, 7–14.

Bajsa, O., Nair, J., Mathew, K., Ho, G.E., 2004. Vermiculture as a tool for domestic wastewater management. Water Sci. Technol. 48, 125–132.

Banchio, E., Bogino, P.C., Zygadlo, J., Giordano, W., 2008. Plant growth promoting rhizobacteria improve growth and essential oil yield in *Origanum majorana* L.. Biochemical Systematics and Ecology. 36, 766-771.

Banerjee, M., Yesmin, R.L., Vessey, J.K., (2006). Plant-growth promoting rhizobacteria as biofertilizers and biopesticides., pp.137-181. In: Handbook of microbial biofertilizers.Ed.,Rai, M., K., Food Production Press, U.S.A.

Bari, R., Jones, J.D.G., 2009. Role of plant hormones in plant defense responses. Plant Mol. Biol. 69, 473-488.

Bashan, Y., de-Bashan, L.E., 2010. How the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* promotes plant growth – a critical assessment. Adv. Agron. 108, 77–136.

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

Baudoin,E., Nazaret, S., Mougel, C., Ranjard, L., Moenne-Loccoz, Y.,2009. Impact of inoculation with the phytostimulatory PGPR *Azospirillum lipoferum* CRT1 on the genetic structure of the rhizobacterial community of field-grown maize. Soil Biology & Biochemistry. 41, 409–413

Bergsma-Vlami,M., Prins,M.E., Raaijmakers, J.M., 2005. Influence of plant species on population dynamics, genotypic diversity and antibiotic production in the rhizosphere by indigenous *Pseudomonas* spp. FEMS Microbiol. Ecol. 52, 59–69.

Braccini, A.L., Dan, L.G.M., Piccinin, G.G., Albrecht, L.P., Barbosa, M.C., Ortiz, A.H.T., 2012. Seed inoculation with *Azospirillum brasilense*, associated with the use of bioregulators in maize. Rev. Caatinga. 25, 58–64.

Brownell, J.R., Nordstrom, O., Marihart, I., Jorgensen, G., 1987. Crop responses from two new Leonardite extracts. Sci.Total Environ. 62, 492-499.

Browne, P., Rice, O., Miller, S.H., Burke, J., Dowling, D.N., 2009. Superior inorganic phosphate solubilization is linked to phylogeny within the *Pseudomonas fluorescens* complex. Applied Soil Ecology. 43, 131-138.

Burla, M., Goverde, M., Schwinn, F.J., Wiemken, A., 1996. Influence of biocontrol organisms on root pathogenic fungi and on the plant symbiotic micro-organisms *Rhizobium phaseoli* and *Glomus mosseae*. J.Plant Dis. Protect. 103, 156-163.

Busato, G.D., Lima, L.S., Aguiar, N.O., Canellas, L.P., Olivares, F.L., 2012. Changes in labile phosphorus forms during maturation of vermicompost enriched with phosphorus-solubilizing and diazotrophic bacteria. Bioresource Tchnology. 110, 310-395.

Buurman, P., Nierop, K.G.J., Kaal, J., Nensi, N., 2009. Analytical pyrolysis and thermally assisted hydrolysis and methylation of EUROSOIL humic acid samples — A key to their source. Geoderma. 150, 10-22.

Çakmakçi, R., Dönmez, F., Aydm, A., Şahin, F., 2006. Growth promotion of plants by plant growth-promoting rhizobacteria under greenhouse and two different field soil conditions. Soil Biol Biochem. 38, 1482–1487.

Calderín García, A., Santos, L.A., Izquierdo, F.G., Loss Sperandio, M.V., Castro, R.N., Louro Berbara, R.L., 2012. Vermicompost humic acids as an ecological pathway to protect rice plant against oxidative stress. Ecological Engineering. 47, 203-208.

Campitelli, P., Ceppi, S., 2008. Effects of composting technologies on the chemical and physicochemical properties of humic acids. Geoderma. 144, 325–333

Cardoza, Y.J., 2011. Arabidopsis thaliana resistance to insects mediated by an earthworm-produced organic soil amendment. Pest Manage. Sci. 67, 233–238.

Carlier, E., Rovera, M., Jaume, A.R., Rosas, S.B., 2008. Improvement of growth, under field conditions of wheat inoculated with *Pseudomonas chlororaphis* subsp. *Aurantiaca*. World. J. Microb. Biot. 24, 11, 2653.

Charyulu, P.B.B.N., Foucassie, F., Barbouche, A.K., Rondro Harisoa, L., Omar, A.M.N., Marie, R., Balandreau, J., 1985. Field inoculation of rice using in vitro selected bacterial and plant genotypes. In: *Azospirillum* III: Genetics, Physiology, Ecology. Springer-Verlag, Heidelberg. pp. 163-179.

Couillerot, O., Bouffaud, M.L.,Baudoin, E., Muller, D., Caballerro-Mellado, J., Moenne-Loccoz, Y., 2010. Development of a real-time PCR method to quantify the PGPR strain *Azospirillum lipoferum* CRT1 on maize seedlings. Soil Biology & Biochemistry. 42, 2298-2305.

Creus, C.M., Sueldo, R.J., Barassi, C.A., 1998. Water relations in Azospirillum inoculated wheat seedlings under osmotic stress. Can. J. Bot. 76, 238–244.

Crowford, J.H., Senn, T.L., Stembridge, G.E., 1968. The Influence of Humic Acid Fractions on Sprout Production and Yield of the Carogold Sweet Potato. S. Carolina Ag. Exp. Sta. Tech. Bull. 1028.

Dardanelli, M.S., Fernández de Córdoba, F.J., Rosario Espuny, M., Rodriguez, M.A., Soria Diaz, M.E., Gil Serrano, A.M., Ocon, Y., Megias, M., 2008. Effect of *Azospirillum brasilense* coinoculated with Rhizobium on *Phaseolus vulgaris* flavonoids and Nod factor production under salt stress. Soil Biology & Biochemistry. 40, 2713-2721.

Dastager, S.G., Deepa, C.K., Pandy, a., 2011. Plant growth promoting potential of Pontibacter niistensis in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). Applied Soil Ecology. 49, 250-255.

Didonet, A.D., Lima, O.S., Candaten, A.A., Rodrigues, O., 2000. Realocac¸ ão de nitrogênio e de biomassa para os grãos, em trigo submetido à inoculac¸ ão de *Azospirillum*. Pesquisa Agropecuária Bras. 35, 401–411.

Dieudonne, N., 2008. Solubilization of inorganic phosphates and plant growth promotion by strains of *Pseudomonas fluorescens* isolated from acidic soils of Cameroon" Afr. J. Microbiol. Res. 2, 160-171.

Dobbss, L.B., Canellas, L.P., Olivares, F.L., Aguiar, N.O., Peres, L.E.P., Azevedo, M., Spaccini, R., Piccolo, A., Facanha, A.R., 2010. Bioactivity of chemically transformedhumic matter from vermicompost on plant root growth. J. Agric. Food Chem. 58, 3681–3688.

Dong, L., rdova-Kreylos, A.L.C., Yang, J., Hongli Yuan, H., Kate M. Scow, K.M., 2009. Humic acids buffer the effects of urea on soil ammonia oxidizers and potential nitrification. Soil Biology & Biochemistry. 41, 1612–1621.

Dursun, A., Guvenc, I., 2000. Effects of different levels of humic avid on seedling growth of tomato and eggplant. ISHS Acta Hort. 491.

Edwards, C.A., Arancon, N.Q., Vasko-Bennett, M., Askar, A., Keeney, G., Little, B., 2010. Suppression of green peach aphid (*Myzus periscae*) (Sulz.), citrus mealyug (*Planococcus citri*) (Risso), and two spotted spider mite (*Tetranychus urticae*) (Koch.) attacks on tomatoes and cucumbers by aqueous extracts from vermicomposts. Crop Prot. 29, 80–93.

Egamberdieva, D., Berg, G., Lindström, K., Räsänen, L.A., 2010. Co-inoculation of Pseudomonas spp. with Rhizobium improves growth and symbiotic performance of fodder galega (Galegaorientalis Lam. European Journal of Soil Biology. 46, 269-272.

Eghball, B.,D. Ginting and J.E. Gilley. 2004. Residual effects of manure and compost applications on maize production and soil properties. Journal of Agronomy. 96, 442-447.

Elena, A., Diane, L., Eva,B., Marta,F., Roberto, B., Angel Ma Zamarren,A.M., Garcıa-Mina, J.M., 2009. The root application of a purified leonardite humic acid modifies the transcriptional regulation of the main physiological root responses to Fe deficiency in Fe-sufficient cucumber plants. Plant Physiology and Biochemistry. 47, 215–223.

Elvira, C., Sampedro, L., Benitezm, E., Nogales, R., 1998. Vermicomposting of sludges from paper mill and dairy industries with Eisenia andrei: a pilot-scale study. Bioresource Technology. 63, 205–211.

Erman, M., Demir, S., Ocak, E., Tfenkci, S., Oguz, F., Akkopru, A., 2011. Effects of Rhizobium, arbuscular mycorrhiza and whey applications on some properties in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under irrigated and rainfed conditions 1—Yield, yield components, nodulation and AMF colonization. Field Crops Research. 122, 14-24.

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

FAO, 1983. Technical Handbook on Symbiotic Nitrogen Fixation. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.

Fernández-Luqueño, F., Reyes-Varela, V., Martínez-Suárez, C., Salomón-Hernández, G., Yáñez-Meneses, J., Ceballos-Ramírez, J.M., Dendooven, L., 2010. Effect of different nitrogen sources on plant characteristics and yield of common bean (Phaseolus vulgaris L.). Bioresource Technology. 101, 396-403.

Fixen, P.E. & Grove, J.H., 1990. Testing soils for phosphprus. P. 141-180. In T.L. Westerman (ed.) Soil Testing and Plant Analysis. SSSA, Madison, WI.

Fliedbach, A., Martens, R., Reber, H.H., 1994. Soil microbial biomass and microbial activity in soils treated with heavy metal contaminated sewage sludge. Soil Biol Biochem. 26, 1201–1205.

Floresa, P., Fenolla, J., Hellina, P., Aparicio-Tejo, P. 2010. Isotopic evidence of significant assimilation of atmospheric-derived nitrogen fixed by Azospirillum brasilense co-inoculated with phosphate-solubilising Pantoea dispersa in pepper seedling. Applied Soil Ecology. 46, 335–340.

Fu, Q., Liu, C., Ding, N., Lin, Y., Guo, B., 2010. Ameliorative effects of inoculation with the plant growth-promoting rhizobacterium *Pseudomonas* sp. DW1 on growth of eggplant (*Solanum melongena* L.) seedlings under salt stress. Agricultural Water Management. 97, 1994-2000.

Garcia, C., Hernandez, T., Costa, F., 1992. Comparison of humic acids derived from city refuse with more developed humic acids. Soil Sci. Plant Nutr. 38, 339–346.

García de Salamone, I.E., Di Salvo, L.P., Escobar Ortega, J.S., Boa Sorte, M.P., Urquiaga, S., Dos Santos Teixeira, K. R., 2010. Field response of rice paddy crop to inoculation with Azospirillum: physiology of rhizosphere bacterial communities and the genetic diversity of endophytic bacteria in different parts of the plants. Plant Soil 336, 351–362.

García de Salamone, I.E., Funes, J.M., Di Salvo, L.P., Escobar-Ortega, J.S., D'Auria, F., Ferrando, L., Fernandez, S., 2012. Inoculation of paddy rice with Azospirillum brasilense and Pseudomonas fluorescens: Impact of plant genotypes on rhizosphere microbial communities and field crop production. Applied Soil Ecology. 61, 196-204.

Garcia-Mina, J., 2007. Advantages and limitations of the use of an extended polyelectrolyte model to describe the proton-binding process in macromolecular systems. Application to a poly (acrylic acid) and a humic acid. J Phys Chem B. 111, 4488–4494.

Garcia, C., Ceccanti, B., Masciandaro, G., Hernandez, T., 1995. Phosphatase and b-glucosidase activities in humic substances from animal wastes. Bioresource Technology. 53, 79–87.

Ghabbour, E.A., Davies, G., 2001. Humic Substances: Structures, Models and Functions. Royal Society of Chemistry, Cambridge.

Ghaderi, A., Aliasgharzad, N., Oustan, S., Olsson, P.A., 2008. Efficiency of three *Pseudomonas* isolates in releasing phosphate from an artificial variable charge mineral (iron III hydroxide) Soil Environ., 27, 65-71.

Glick, B.R., Todorovicm, B., Czarny, J., Cheng, Z., Duan, J., McConkey, B., 2007. Promotion of plant growth by bacterial ACC deaminase. Crit. Rev. Plant Sci. 26, 227–242.

Gomaa, A.O., Abou-Aly, H.E., 2001. Efficiency of bioferitlization in the presence of both inorganic and organic fertilizers on growth, yield and chemical constituents of anise plant (*Pimpinella anisum* L.). Proc. 5th Arabian Hort. Conf. Ismailia, Egypt, Zagazeg Univ. Press, Egypt. 12, 24-28.

González-Pérez, J.A., González-Vila, F.J., Almendros, G., 2010. Advances in natural organic carbon and humic substances research 2008–2010. In: Proceedings of the 15th Meeting of the International Humic Substances Society, Tenerife, Canary Islands, Spain.

Gray, E.J., Smith, D.L., 2005. Intracellular and extracellular PGPR: commonalities and distinctions in the plant–bacterium signalling processes. Soil Biol. Biochem. 37, 395–412.

Gyneshwar, P., Kumar, G.N., Parekh L.J., Poole, P.S., 2002. Role of soil microorganisms in improving P nutritions of plants. Plant Soil., 245,76- 83.

Haji Nia, S., Zarea, M.J., Rejali, F., Varma, A., 2012. Yield and yield components of wheat as affected by salinity and inoculation with *Azospirillum* strains from saline or non-saline soil. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. 11, 113-121.

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

Hayat, R., Ali, S., Amara, U., Khalid, R., Ahmed, I., 2010. Soil beneficial bacteria and their role in plant growth promotion: a review. Ann. Microbiol. 60, 579–598.

Henri, F., Laurette, N.N., Annette, D., John Q., Wolfgang, M., Francois-Xavier, E., Laegreid M., Bockman, O.C., Kaarstad, E.O., 1999. Agriculture**,** Fertilizer and Environment. CABI publishing. pp 294.

Hungria, M., 2011. Inoculac¸ ão com *Azospirillum brasilense*: inovac¸ ão em rendimento a baixo custo. Londrina, Embrapa Soja, 36 p.

Ibrahim, M., Hassan, A.U., Iqbal, M., Valeem, E.E., 2008. Response of wheat growth and yield to various levels of compost and organic manure. Pakis. J. Bot. 40, 2135-2141.

ICARDA, 1983. Food legume crops improvement. In: ICARDA (International Center for Agricultural Research in the Dry Areas) Annual Report 1982, Aleppo, Syria, pp. 107–152.

Janoš, P., 2003. Separation methods in the chemistry of humic substances. Journal of Chromatography A. 983, 1–18.

Jat, R.S., 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 J . Agric. Sci. 74, 359-361.

Juge, C., Prévost, D., Bertrand, A., Bipfubusa, M., Chalifour, F.P., 2012. Growth and biochemical responses of soybean to double and triple microbial associations with Bradyrhizobium, Azospirillum and arbuscular mycorrhizae. Applied Soil Ecology. 61, 147-157.

Kale, R.D., Malesh, B.C., Bano, K, Bagyarai, D.J., 1992. Influence of vermicompost application on the available macronutrients and selected microbial populations in a paddy field. Soil Biological & Biochemistry. J. 24(12), 1317-1320.

Kannayan, S., 2002. Biofertilizers for sustainable crop production., pp, 9-49. in: Biotechnology of Biofertilizers. Ed., Kannayan, Narosa Publishing House, New Delhi, India.

Kapulnik, Y., Sarig, S., Nur, A., Okon, Y., Henis, Y., 1982. The effect of *Azospirillum* inoculation on growth and yield of corn. Isr. J. Bot. 31, 247-255.

Kennedy, I.R., Choudhury, A.T.M.A., Keeskes, M.L., 2004. Non-symbiotic bacterial diazotrophs in crop-farming system: can their potential for plant growth promotion be better exploited?. Soil Biology and Biochemistry. 16, 120-131.

Kepczynski, J., Kepczynska, E., 1997. Ethylene in seed dormancy and germination. Physiol. Planta. 101, 720-726.

Khan, A.G., 2005. Role of soil microbes in the rhizospheres of plants growing on trace metal contaminated soils in phytoremediation. J Trace Elem Med Biol. 18, 355–364.

Kizilkaya, R., 2008. Yield response and nitrogen concentrations of spring wheat (*Triticum aestivum*) inoculated with *Azotobacter chroococcum* strains. Ecological engineering. 33, 150–156.

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

Kohler, J., Caravaca, F., Carrasco, L., Roldán, A., 2006. Contribution of Pseudomonas mendocina and Glomus intraradices to aggregate stabilization and promotion of biological fertility in rhizosphere soil of lettuce plants under field conditions. Soil Use Manage. 22, 298–304.

Kondorosi, A., Newton, W.E., 2001. (Eds.), Biological Nitrogen Fixation for the 21st Century. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. 609–612.

Kumar, V., Narolh, N., 1999. Solubilization of inorganic phosphate and growth emergence of wheat as affected by Azotobacter chroococcum mutanns. Biology and Fertilty of Soil . 28, 301-305.

Kumari, S.S.M., Ushakumari, K., 2002. Effect of vermicompost enriched with rock phosphate on the yield and uptake of nutrients in cowpea (*Vigna unguiculata L*. Walp). J. Trop. Agric. 40, 27–30.

Kuo, S., 1996. Phosphorus. P. 869-919. In D.L. Sparks. (ed.) Methods of Soil Analysis: Part 3- ChemicalbMethods. SSSA, Madison,WI.

Laranjo, M., Machado, J., Young, J.P.W., Oliveira, S., 2012. Multilocus sequence analysis reveals multiple symbiovars within *Mesorhizobium* Species. Systematic and Applied Microbiology. 35, 359– 367

Little, A. G., Cardoza, Y. J., 2011. Host plant effects on generalist and specialist lepidopterous cabbage pests mpdulated by organic soil amendment. Pedobiologia–International Journal of Soil Biology. 54, 353-359.

Long, S.R., 1989. Rhizobium-legume nodulation: life together in the underground. Cell. 56, 203–214.

Lucas, J.A., Ramos Solano,B., Montes, F., Ojeda, J., Megias, M., Gutierrez Man ero, F.J., 2009. Use of two PGPR strains in the integrated management of blast disease in rice (*Oryza sativa*) in Southern Spain. Field Crops Research. 114, 404–410

Lucy, M., Reed, E., Glick, B.R., 2004. Applications of free living plant growth-promoting rhizobacteria. Antonie Leeuwenhoek. 86, 1–25.

Mackowiak, C.L., Grossl, P.R., Bugbee, B.G., 2001. Beneficial effects of humic acid on micronutrient availability to wheat. Soil Science Society of American Journal. 64, 1744–1750.

Mantelin, S., Touraine, B., 2004. Plant growth-promoting bacteria and nitrate availability: impacts on root development and nitrate uptake. J. Exp. Bot. 55, 27–34.

Mäder, P., Kaiser, F., Adholeya, A., Singh, R., Uppal, H.S., Sharma, A.K., Srivastava, R., Sahai, V., Aragno, M., Wiemken, a., Johri, B.N., Fried, P.M., 2011. Inoculation of root microorganisms for sustainable wheaterice and wheateblack gram rotations in India. Soil Biology & Biochemistry. 43, 609-619.

Maekawa-Yoshikawa, M., Muller, J., Takeda, N., Maekawa, T., Sato, S., Tabata, S., Perry, J., Wang, T.L., Groth, M., Brachmann, A., Parniske, M., 2009. The temperature sensitive brush mutant of the legume Lotus japonicus reveals a link between root development and nodule infection by rhizobia. Plant Physiol. 149, 1785-1796.

Maftoun, M. and F. Moshiri. 2008. Growth, mineral nutrition and selected soil properties of lowland rice, as affected by soil application of organic wastes and phosphorus. J. Agric. Sci. Technol. 10, 481-492.

Maketon, c., Fortuna, A.M., Patricia A. Okubara, P.A., 2012. Cultivar-dependent transcript accumulation in wheat roots colonized by Pseudomonas fluorescens Q8r1-96 wild type and mutant strains. Biological Control. 60, 216–224.

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

Maro,V., Baigurri, R., Bacaicoa, E., Zamarreno, A., Garcia-Mina, J-M., 2012. The humic acid- induced changes in the root concentration of nitric oxide, IAA and ethylene do not explain the changes in root architecture caused by humic acid in cucumber. Enviromental and experimental Botany. 76, 24-32.

Masciandaro, G., Ceccanti, B., Gracía, C., 2000. In situ vermicomposting of biological sludges and impact on soil quality. Soil Biol. Biochem. 32, 1015–1024.

Middleton, P.H., Jakab, J., Penmetsa, R.V., Starker, C.G., Doll, J., Kalo, P., Prabhu, R., Marsh, J.F., Mitra, R.M., Kereszt, A., Dudas, B., Bosch, K.V., Long, S.R., Cook, D.R., Kiss, G.B., Oldroyda, G.E.D., 2007. An ERF transcription factor in Medicago truncatula that is essential for Nod factor signal transduction. Plant Cell. 19, 1221-1234.

Mohammady Aria, M., Lakzian, A., Haghnia, G.H., Berenji, A.R., Besharati, H., Fotovat, A., 2010. Effect of Thiobacillus, sulfur, and vermicompost on the water-soluble phosphorus of hard rock phosphate. Bioresource Technology. 101, 551-554.

Mwanamwenge, J., Loss, S.P., Siddique, K.H.M., Cocks, P.S., 1998. Growth, seed yield and water use of faba bean (*Vicia faba* L.) in a short-season Mediterranean-type environment. Australian Journal of Experimental Agriculture 38, 171–180.

Ngo, P.T., Rumpel, C., Dignac, M.F., Billou, D., Toan, T.D., Jouquet, P., 2011. Transformation of buffalo manure by composting or vermicomposting to rehabilitate degraded tropical soils. Ecological Engineering. 37, 269-276.

Ngo, P.T., Rumpel, C., Doan, T.T., Jouquet, P., 2012. The effect of earthworms on carbon storage and soil organic matter composition in tropical soil amended with compost and vermicompost. Soil Biology & Biochemistry. 50, 214-220.

Oldroyd, G.E., Downie, J.A., 2008. Coordinating nodule morphogenesis with rhizobial infection in legumes. Annu. Rev. Plant Biol. 59, 519-546.

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

Pedraza, R.O., Bellone, C.H., Carrizo de Bellone, S., Boa Sorte, P.M.F., Teixeira, K.R.d. S., 2009. Azospirillum inoculation and nitrogen fertilization effect on grain yield and on the diversity of endophytic bacteria in the phyllosphere of rice rainfed crop. European Journal of Plant Pathology. 45, 36-43.

Pedraza, R.O., Motok, J., Salazar, S.M., Ragout, A.L., Mentel, M.I., Tortora, M.L., Guerrero-Molina, M.F., Winik, B.C., Díaz-Ricci, J.C., 2010. Growth-promotion of strawberry plants inoculated with *Azospirillum brasilense*. World J. Microbiol. Biotechnol. 26, 265–272.

Pedraza, R.O., Motok, J., Tortora, M.L., Salazar, S.M., Díaz-Ricci, J.C., 2007. Natural occurrence of *Azospirillum brasilense* in strawberry plants. Plant Soil. 295, 169–178.

Pereyra, M.A., Zalazar, C.A., Barassi, C.A., 2006. Root phospholipids in *Azospirillum* inoculated wheat seedlings exposed to water stress. Plant Physiol. Biochem. 44, 873–879.

Pertusatti, J., Prado, A.G.S., 2007. Buffer capacity of humic acid: thermodynamic approach. Journal of Colloid and Interface Science. 314, 484–489.

Petrussi, F., de Nobili, M., Viotto, M., Sequi, P., 1988. Characterization of organic matter from animal manures after digestion by earthworms. Plant and Soil. 105, 41–46.

Peyvast, G.H., Olfati, J.A., Madeni, S., Forghani, A., 2008. Effect of vermicompost on the growth and yield of spinach. (*Spinacia oleracea* L.). J. Food Agric. Environ. 6, 110–113.

Piccinin, G.G., Braccini, A.L., Dan, L.G.M., Mariano, D.C., Okumura, R.S., Ricci, T.T., Bazo, G., 2013. Efficiency of seed inoculation with *Azospirillum brasilense* on agronomic characteristics and yield of wheat. Industrial Crops and Products. 43, 393–397.

Piccinin, G.G., Dan, L.G.M., Braccini, A.L., Mariano, D.C., Okumura, R.S., Bazo, G., Ricci, T.T., 2011. Agronomic efficiency of *Azospirillum brasilense* in physiological parameters and yield components in wheat crop. J. Agron. 10, 132–135.

Piromyou, P., Buranabanyat, B., Tantasawat, P., Tittabutr, P., Boonkerd, N., Teaumroong, N., 2011. Effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) inoculation on microbial community structure in rhizosphere of forage corn cultivated in Thailand. European Journal of Soil Biology. 47, 44-54.

Pramanik, P., Bhattacharya, S., Bhattacharyya, P., Banik, P., 2009. Phosphorous solubilization from rock phosphate in presence of vermicomposts in Aqualfs. Geoderma. 152, 16-22.

Radicetti, E., Mancinelli, R., Campiglia, E., 2012. Combined effect of genotype and inter-row tillage on yield and weed control of chickpea (Cicer arietinum L.) in a rainfed Mediterranean environment. Field Crops Research. 127, 161–169.

Richardson, A.E., 2001. Prospects for using soil microorganisms to improve the acquisition of phosphorus by plants. Aust. J. Plant Physiol. 28, 897–906.

Romdhane,S.B., Trabelsi,M., Aouani, M.A., Lajudie,P.D., Mhamdi, R., 2009. The diversity of rhizobia nodulating chickpea (Cicer arietinum) under water deficiency as a source of more efficient inoculants. Soil Biology & Biochemistry.41, 2568-2572.

Romero, E., Fernández-Bayo, J., Castillo Díaz, J.M., Nogales, R., 2010. Enzyme activities and diuron persistente in soil atended with vermicompost derived from spent grape marc and treated with urea. Appl Soil Ecol. 44, 198–204.

Rosas, S.B., Andres, G.A., Rovera, M., Correa, N.S., 2006. Phosphate solubilizing *Pseudomonas putida* can influence the rhizobia legume symbiosis. Soil Biol. Biochem. 38, 3502-3505.

Roy, S., Arunachalam, K., Kumar Dutta, B., Arunachalam, A., 2010. Effect of organic amendments of soil on growth and productivity of three common crops viz. *Zea mays*, *Phaseolus vulgaris* and *Abelmoschus esculentus*. Applied Soil Ecology. 45, 78-84.

Rudresh, D.L., Shivaprakash, M.K., Prasad, R.D., 2005. Effect of combined application of *Rhizobium*, phosphate solubilizing bacterium and *Trichoderma* spp. On growth, nutrient uptake and yield of chickpea (*Cicer aritenium* L.). Applied Soil Ecology. 28, 139-146.

Sahani,S., Sarma, B.K., Singh, D.P., Singh, H.B., Singh, K.P., 2008. Vermicompost enhances performance of plant growth-promoting rhizobacteria in *Cicer arietinum* rizospher against *Sclerotium rolfsii*. Crop Protection. 27, 369-376.

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

Sainz, M.J., Taboada-Castro, M.T., 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.

Sayeed akhtar, M., siddiqui, Z.A., 2008. Biocontrol of a root-rot disease complex of chickpea by *Glomus intraradices, Rhizobium sp*. and *Psuedomonus straita*. Crop protection. 27, 410-417.

Scervino, J.M., Mesa, M.P., Mónica, I.D., Recchi, M., Moreno, N.S., Godeas, A., 2010. Soil fungal isolates produce different organic acid patterns involved in phosphate salts solubilization. Biol. Fertil. Soils. 46, 755–763.

Schmidt, W., Santi, S., Pinton, R., Varanini, Z., 2007. Water-extractable humic substances alter root development and epidermal cell pattern in Arabidopsis. Plant Soil 300, 259–267.

Senesi, N., Loffredo, E., 1999. The chemistry of soil organic matter. In: Sparks, D.L. (Ed.), Soil Physical Chemistry, second ed. CRC Press, Boca Raton. 239–370.

Schoenau, J.J., Karamanos, R.E., 1993. Sodium bicarbonate extractable P,K, and N. P.51-58. In M.R. Carter (ed.) Soil Sampling and Methods of Anaiysis. Can. Soc. Soil Sci., Ottawa, Ontario.

Senesi, N., Saiz-Jimenez, C., Miano, T.M., 1992. Spectroscopic characterization of metal-humic acid-like complexes of earthworm- composted organic wastes. The Science of the Total Environment. 117/118, 111–120.

Senthilraja, G., Anand T., Durairaj, C., Raguchander, T., Samiyappan, R.,2010. Chitin-based bioformulation of Beauveria bassiana and Pseudomonas fluorescens for improved control of leafminer and collar rot in groundnut. Crop Protection. 29, 1003-1010.

Shahzad, S.M., Khalid, A., Arshad, M., Tahir, j., Mahmood, T., 2010. Improving nodulation, growth and yield of Cicer arietinum L. through bacterial ACC-deaminase induced changes in root architecture. European Journal of Soil Biology. 46, 342-347.

Shaharoona, B., Naveed, M., Arshad, M., Zahir, Z.A., 2008. Fertilizerdependent efficiency of Pseudomonads for improving growth, yield, and nutrient use efficiency of wheat (*Triticum aestivum* L.). Appl. Microbiol. Biotechnol. 79, 147–155.

Sharif, M., Khattak, R. A. and Sarir, M. S,. 2002. Effect of different levels of lignitic coal derived humic acid on growth of maize plants. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 33, 3567–3580.

Siddiqui, Z.A., Singh, L.P., 2005. Effect of fly ash, Pseudomonas straita and Rhizobium on the reproduction of nematode *Meloidogyne incognita* and on the growth and transpiration of pea. J. Envioron. Biol. 26, 117–122.

Shimon, M., Tirosh, T., Glick, B.R., 2004. Plant growth- promoting bacteria confer resistance in tomato plant to salt stress. Plant Physiol. Biochem. 42, 565-572

Singhai, P.K., Sarma, B.K., Srivastava, J.S., 2011. Biological management of common scab of potato through Pseudomonas species and vermicompost. Biological Control, 57, 150–157.

Singh, K.B., 1997. Chickpea (*Cicer arietinum* L.). Field Crops Research 53, 161–170.

Singh,R., Gupta, R.K., Patil, R.T., Sharma, R.R., Asrey, R., Kumar, A., Jangra, JangraK.K., 2010. Sequential foliar application of vermicompost leachates improves marketable fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.). Scientia Horticulturae. 124, 34-39.

Singh, M., Guleria, N., 2013. Influence of harvesting stage and inorganic and organic fertilizers on yield and oil composition of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) in a semi-arid tropical climate. Industrial Crops and Products. 42, 37-40.

Singh, S., Kapoor, K.K., 1998. Effects of inoculation of phosphatesolubilizing microorganisms and an arbuscular mycorrhizal fungus on mungbean grown under natural soil conditions. Mycorrhiza. 7, 249–253.

Sprent, J., 2009. Legume Nodulation. A Global Perspective, Wiley Blackwell, Oxford, UK, 183 pp.

Stehr, G., Bottcher, B., Dittberner, P., Rath, G., Koops, H.P., 1995. The ammoniaoxidizing nitrifying population of the River Elbe Estuary. FEMS Microbiology Ecology. 17, 177–186.

Sundara B., Natarajan V., Hari K., 2002. Influence of phosphorus solubilizing bacteria on the changes in soil available phosphorus and sugarcane yields. Field Crop Res. 77, 38-43.

Tahir, M.M., Khurshid, M., Khan, M.Z., Abbasi, M.K., Kazmi, M.H., 2011. Lignite-derived humic acid effect on growth of wheat plants in different Soils. Pedosphere. 21, 124-131.

Tao G., Tian S., Cai M., Xie G., 2008. Phosphate solubilizing and mineralizing abilities of bacteria isolated from soils. Pedosphere. 18, -512-515.

Thomashow, L.S., Weller, D.M., Bonsall, R.F., Pierson, L.S., 1990. Production of the antibiotic phenazine- 1-carboxylic acid by fluorescent pseudomonads species in the rhizosphere of weat. App1. Environ. Microbio1. 56, 908-912.

Tilak, K., Ranganayaki, N., Manoharachari, C., 2006. Synergistic effects of plantgrowth promoting rhizobacteria and Rhizobium on nodulation and nitrogen fixation by pigeonpea (*Cajanus cajan*). European Journal of Soil Science. 57, 67–71.

Tortora, M.L., Díaz-Ricci, J.C., Pedraza, R.O., 2011a. *Azospirillum brasilense* siderophores with antifungal activity against *Colletotrichum acutatum*. Arch. Microbiol. 193, 275–286.

Transformation of buffalo manure by composting or vermicomposting to rehabilitate degraded tropical soils. Ecological Engineering. 37, 269-276.

Valdenegro, M., Barea, J.M., Azcón, R., 2001. Influence of arbuscular-mycorrhizal fungi Rhizobium meliloti strains and PGPR inoculation on the growth of Medicago arborea used as model legume for re-vegetation and biological reactivation in a semi-arid mediterranean area. Plant Growth Regul. 34, 233–240.

Verdeneli, R.A., Lamarque. A.L., Meriles, J.M., 2012. Short-time effects of combined iprodion and vermicompost applications on soil microbial community structure. Scince of the Total Enviroment. 414, 210-219.

Vessey, J.K., 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers, Plant Soil. 255, 571–586.

Villegas, J., Fortin, J.A., 2002. Phosphorus solubilization and pH changes as result of the interactions between soil bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi on a medium containing NO3 as nitrogen source. Can J. Bot. 80, 571-576.

Wani, P.A., Khan, M.S., Zaidi, A., 2008. Chromium-reducing and plant growth-promoting Mesorhizobium improves chickpea growth in chromium-amended soil. Biotechnol. Lett. 30, 159–163.

Yasmin, F., Othman, R., Saad, M.S., Sijam, K., 2007. Screening for beneficial properties of Rhizobacteria isolated from sweet potato rhizosphere. J. Biotec. 6, 49–52.

Zaccone, C., Cocozza, C., Shotyk, W., Miano, T.M., 2008. Humic acids role in Br accumulation along two ombrotrophic peat bog profiles. Geoderma. 146, 26-31.

Zahir, A.Z., Arshad, M., Khalid, A., 1998a. Improving maize yield by inoculation with plant growth promoting rhizobacteria. Pak. J. Soil Sci. 15, 7-11.

Zaidi, A., Khan, M.S., 2006. Co-inoculation Effects of Phosphate Solubilizing Microorganisms and *Glomus fasciculatum* on Green Gram-*Bradyrhizobium* Symbiosis. Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 30, 223-230.

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. Sci. Hort. 112, 191–199.

Zandonadi, D.B., Santos, M.P., Dobbss, L.B., Olivares, F.L., Canellas, L.P., Binzel, M.L., Okorokova-Fac¸ anha, A.L., Fac¸ anha, A.R., 2010. Nitric oxide mediates humic acidsinduced root development and plasma membrane H^+-ATPase activation. Planta. 231, 1025–1036.

Zhuang, X., Chen, J., Shim, H., Bai, Z., 2007. New advances in plant growth-promoting rhizobacteria for bioremediation. Environment International. 33, 406–413

Zorita, M.D., Canigia, M.V.F., 2008. Field performance of a liquid formulation of *Azospirillum brasilense* on dryland wheat productivity. Eur. J. Soil Biol. p. 30, 1–10.

Abstract

In recent years environmental pollution crisis threaten human communities health. Also the particular use of chemicals compounds in agriculture due to their effects on soil micro-organisms may be decreased soil fertility. In this regards, an extensive effort to find suitable solutions for improving soil quality and crop production, purification and removal of environmental pollutants by maintaining the stability of natural ecosystems were started. Use of organic fertilizers and bio-fertilizers is another solution. This study was performed aimed to reduce the use of chemical inputs, along with efforts to increase the yield of chickpea (*Cicer arietinum*). In this study the effects of organic and bio fertilizers were investigated. Vermicompost at two levels (0 and 6 tons per hectare), humic acid at three levels (0, 8, and 16 kg ha) and plant growth promoting bacteria (PGPR) in 2 levels (inoculated and non-inoculated) were used in factorial complete block design with three replications. Morphological characteristics and grain yield of Kabuli chickpea were analyzed. The study was carried in a farm near the Javanrood city of Kermanshah in the spring of 1391 year. Analysis of variance showed that the effect of vermicompost and PGPR, were significant on plant growth and shoot dry weight at harvest stage. Straw dry weight, grain dry weight, 100 kernel weight and grain yield were also significant ($p \leq 0.05$), while humic acid had no significant effect on these traits. Interaction effect of vermicompost and humic acid on the number of nodes in root and the interaction effect of humic acid and PGPR on 100-kernel weight were significant at the 5% level. Mean comparison results showed that the combined effects of fertilizers had reduced the traits, but vermicompost treatment increased attributes without application the other fertilizers. PGPR treatments without other fertilizers application had no significant effect. The vermicompost and PGPR fertilizers individually had a significant effect on soil available phosphorus and increased the amounts of this element. The results indicated a better effect of vermicompost fertilizer, compared with humic acid fertilizer and PGPR in chickpea plants. The negative effects of PGPR may related to dryland farming conditions.

Keywords: Chickpea, humic acid, vermicomposting, plant growth promoting bacteria

Shahrood University of Technology

Faculty Agriculture

The effects of humic acid, vermicompost and PGPR application on morphological traits and yield of chickpea (*Cicer arietinum*)

Akhtar Vasi

Supervisor(s):

Hamidreza Asghri

Mohammadreza Amerian

September 2013