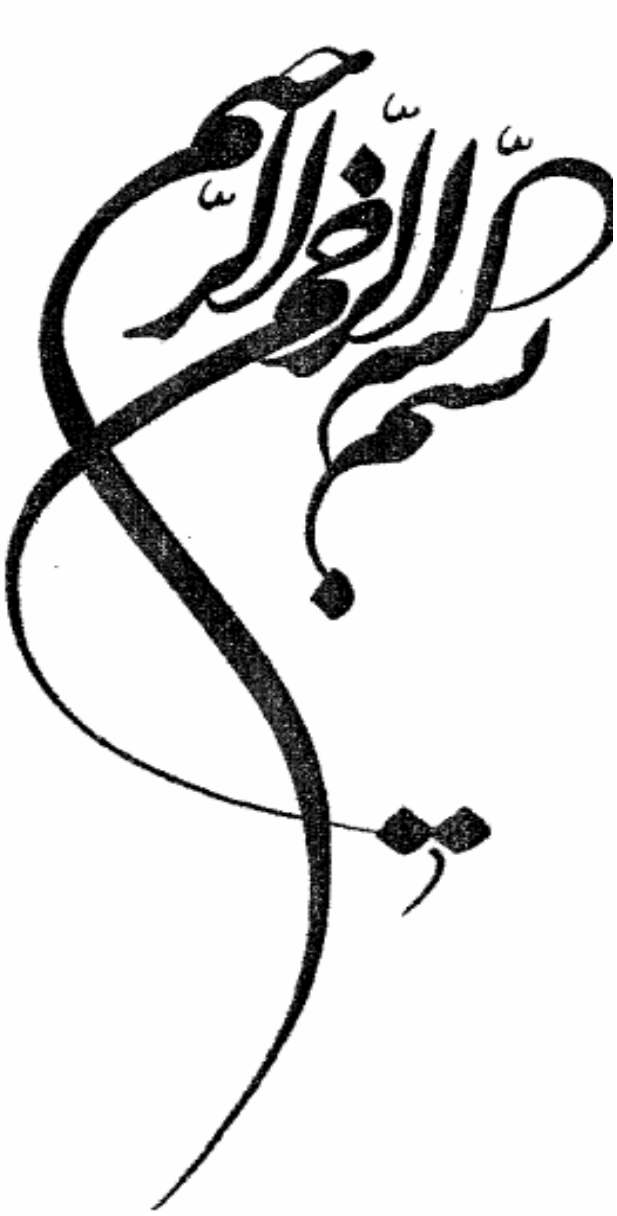
بسم الله الرحمن الرحيم

پایان نامه

برای دریافت درجه کارشناسی ارشد (.M.Sc) در رشته مهندسی علوم خاک

عنوان:

مقایسه اثرات کود اوره، مواد آلی و باکتری های محرک رشد گیاه (PGPR) بر عملکرد و برخی خصوصیات رشد گندم رقم الوند

پژوهش و نگارش:

روزبه محمدی

استاد راهنما:

دکتر محسن علمایی

اساتید مشاور:

مهندس رضا قربانی نصرابادی

مهندس محمدرضا چاکرالحسینی

این پایان نامه با استفاده از اعتبارات پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شده است

چکیده:

این تحقیق با هدف جداسازی و خالص‌سازی باکتری بومی آزوسپیریلوم برازیلنس و اثرات تلفیق آن با باکتری ازتوباکتر کروکوکوم روی رشد گندم رقم الوند انجام گردید. توانایی PGPR بودن این باکتری‌ها در شرایط آزمایشگاهی و گلخانه‌ای در تلقیح به تنهایی و یا تلفیق با کود اوره و مواد آلی برای ترقی دادن عملکرد، شاخص‌های رشد و جذب مواد غذایی گیاه گندم انجام گردید. نمونه‌های خاک و ریشه گندم از نواحی اطراف شهر گرگان جمع‌آوری گردید و سویه‌های باکتری آزوسپیریلوم از طریق محیط‌های کشت اختصاصی (RC, Nfb, BMS) جداسازی و شناسایی گونه‌های مورد نظر از طریق آزمایشات فیزیولوژیک و بیوشیمیائی انجام گردید. توانایی تثبیت نیتروژن به روش احیا استیلن و تولید هورمون IAA به روش رنگ سنجی انجام شد. این تحقیق در شرایط گلخانه‌ای از طریق آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام گردید. تیمارها شامل چهار تیمار باکتریایی(B_0، B_1، B_2 وB_3) و کود اوره در سه سطح (N_0، N_1 و N_2) و مواد آلی در دو سطح (O_0 و O_{30}) بود. گیاهان در گلخانه و در شرایط دمایی ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت خاک ۱۰ ± ۸۵ ظرفیت زراعی، رشد داده شدند. عملکرد، میزان جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم گیاه و شاخص‌های رشد هر گیاه در مرحله برداشت اندازه‌گیری شد. نتایج با استفاده از نرم افزار SAS و مقایسه میانگین LSD آنالیز گردید($P<.05$). هر دو باکتری در شرایط آزمایشگاهی توانایی تثبیت نیتروژن و تولید هورمون IAA را از خود نشان دادند. تأثیر تیمارهای باکتری در عملکرد، تعداد پنجه و میزان جذب نیتروژن و فسفر گیاه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردید. تیمارهای تلفیقی دو باکتری تأثیرات به مراتب بهتری نسبت به تیمارهای هر یک از باکتری‌ها به تنهایی داشتند. کود اوره در تمامی صفات تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد و مواد آلی در عملکرد در سطح احتمال پنج درصد تأثیر معنی‌داری داشتند.

کلمات کلیدی: کود اوره، مواد آلی، آزوسپیریلوم برازیلنس، ازتوباکتر کروکوکوم، گندم الوند

تقدیر و سپاس‌گزاری

با حمد و سپاس به درگاه ایزد منان که این توفیق را به من ارزانی داشت تا بتوانم مرحله‌ای دیگر از زندگیم را پشت سر بگذارم. در این جا بر خود لازم می‌دانم مراتب سپاس و قدردانی خویش را تقدیم کلیه بزرگوارانی کنم که مرا در انجام این تحقیق یاری رساندند.

از استاد ارجمند جناب آقای دکتر محسن علمایی استاد راهنمای این پایان نامه که با راهنمائی‌های خود مرا یاری دادند، کمال تشکر وامتنان را دارم.

از اساتید مشاور جناب آقایان مهندس رضا قربانی نصرابادی و مهندس محمدرضا چاکرالحسینی به خاطر مشاوره و کمک‌های فکری آنان در این پژوهش صمیمانه تشکر می‌نمایم.

از جناب آقایان دکتر مجتبی بارانی و دکتر اسماعیل دردی‌پور به خاطر تقبل زحمت داوری این پژوهش و کمک به بهبود پایان نامه کمال تشکر وقدردانی را دارم.

از جناب آقای دکتر بهنام کامکار که مدیریت برگزاری این جلسه را به عنوان نماینده تحصیلات تکمیلی برعهده داشتند و همچنین راهنمائی‌های ایشان در بهبود پایان نامه، کمال تشکر وسپاس‌گزاری را دارم.

از اساتید گروه مهندسی علوم خاک که در طی دوران تحصیل و انجام این پژوهش مرا یاری رساندند تشکر و قدردانی می‌نمایم.

از دوست وبرادر گرامی جناب آقای دکتر محمد حسین ارزانش به خاطر کمک‌های فکری و حمایت‌های بی دریغشان تقدیر و تشکر می‌نمایم.

از پرسنل محترم آزمایشگاه‌های علوم خاک آقایان مهندس علاءالدین و مهندس عجمی و سرکار خانم طاهری به خاطر کمک‌های فکری و در اختیار قرار دادن وسایل آزمایشگاهی تشکر می‌نمایم.

از پرسنل محترم آزمایشگاه خاکشناسی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کهگیلویه و بویراحمد به خاطر همکاری و در اختیار قرار دادن تجهیزات آزمایشگاهی تشکر می‌نمایم.

از همسر صبورم خانم مهندس بلقیس محمدی و برادر عزیزم مهندس جاوید شفیعی که همواره حامی و پشتیبان من بودند و در انجام آزمایش گلخانه‌ای وکارهای کامپیوتری مرا یاری دادند، کمال تشکر وقدردانی را دارم.

از پدر و مادر عزیزم و برادران گرامیم و خواهر دلبندم که همواره به من دلگرمی می‌دادند صمیمانه تشکر می‌نمایم.

از دوستان گرامی آقایان سلطانی، بحرینی، قربانی، رضائی، شهریاری، طالب‌کیش، علوی، موشخیان و اخضری و سایر دوستان که از آنها نامی برده نشد به خاطر مهر و محبت‌هایشان و کمک‌های بیدریغشان صمیمانه تشکر می‌نمایم.

از همکلاسی‌های خود آقایان رضائی و قانعی و خانم‌ها قرقره‌چی، علی‌محمدی، زائرنوملی و تاجگردان که در طی دوران تحصیل و انجام این پژوهش مرا داری رساندند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

تقدیم به:

پدر و مادرم

همسرم

برادران و خواهرم

نظر به این که چاپ و انتشار پایان‌نامه (رساله)های تحصیلی دانشجویان دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان مبین بخشی از فعالیت‌های علمی-پژوهشی بوده و همچنین با استفاده از اعتبارات دانشگاه انجام می‌شود، بنابراین به منظور آگاهی و رعایت حقوق دانشگاه، دانش‌آموختگان این دانشگاه نسبت به رعایت موارد ذیل متعهد می‌شوند:

۱) قبل از چاپ پایان‌نامه یا رساله خود مراتب را قبلاً به طور کتبی به مدیریت تحصیلات تکمیلی دانشگاه اطلاع و کسب اجازه نمایند.

۲) در انتشار نتایج پایان‌نامه یا رساله در قالب مقاله، همایش، اختراع و اکتشاف و سایر موارد، ذکر نام دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان الزامیست.

۳) انتشار نتایج پایان‌نامه یا رساله باید با اطلاع و کسب اجازه از استاد راهنما صورت گیرد.

اینجانب: روزبه محمدی دانشجوی رشته: خاکشناسی مقطع: کارشناسی ارشد

تعهدات فوق و ضمانت اجرایی آن را قبول کرده و به آن ملتزم می‌شوم.

فهرست مطالب

مقدمه..... ۱

فصل اول : کلیات و سابقه تحقیق

۱-۱- موجودات زنده خاک..... ۵

۱-۲- باکتری‌های خاک..... ۵

۱-۳- باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه (PGPR)..... ۹

۱-۳-۱- مشخصات باکتری ازتوباکتر..... ۱۰

۱-۳-۲- مشخصات باکتری آزوسپیریلوم ۱۳

۱-۴- مکانیسم‌های باکتریهای PGPR در افزایش عملکرد..... ۱۶

۱-۴-۱- تثبیت بیولوژیکی نیتروژن ۱۷

۱-۴-۱-۱- بیوشیمی تثبیت نیتروژن..... ۱۸

۱-۴-۱-۲- خصوصیات کمپلکس نیتروژناز..... ۲۰

۱-۴-۱-۳- سوبستراهای نیتروژناز..... ۲۱

۱-۴-۱-۴- اندازه‌گیری تثبیت نیتروژن به روش احیاء استیلن ۲۱

۱-۴-۱-۵- روش اندازه‌گیری تثبیت نیتروژن ملکولی با استفاده ازروش‌های ایزو..^{15}N... ۲۲

۱-۴-۱-۶- باکتریهای دی‌ازوتروف..... ۲۳

۱-۴-۱-۶-۱- تثبیت کننده‌های همزیست اجباری..... ۲۴

۱-۴-۱-۶-۲- تثبیت کننده‌های همیار..... ۲۴

۱-۴-۱-۶-۳- تثبیت کننده‌های آزادزی..... ۲۷

۱-۴-۲- ترشح هورمون‌ها و مواد تنظیم کننده رشد گیاهی ۲۹

۱-۴-۲-۱- اکسین‌ها..... ۳۰

۲-۲-۴-۱- جیبرلین‌ها..... ۳۲

۳-۲-۴-۱- سیتوکنین‌ها ۳۳

۳-۴-۱- تأثیر بر جذب مواد معدنی..... ۳۴

۱-۳-۴-۱- افزایش حلالیت آهن..... ۳۵

۲-۳-۴-۱- افزایش حلالیت فسفاتهای معدنی نامحلول..... ۳۵

۳-۳-۴-۱- افزایش حلالیت فسفاتهای آلی نامحلول..... ۳۷

۴-۴-۱- کنترل عوامل بیماری‌زا..... ۳۷

۵-۴-۱- تغییردرمورفولوژی ریشه..... ۳۸

۶-۴-۱- تأثیر باکتریهایPGPR در عملکرد گیاهان ۳۹

۷-۴-۱- دیگرفاکتورهای منتسب به گروه PGPR درافزایش رشد گیاه..... ۴۱

۱-۷-۴-۱- تولید ویتامین ۴۱

۲-۷-۴-۱- مقابله با خشکی و شرایط شور..... ۴۱

۵-۱- تأثیر کود نیتروژن در عملکرد گیاهان..... ۴۱

۶-۱- تأثیر مواد آلی در عملکرد گیاهان..... ۴۲

فصل دوم : مواد و روشها

۱-۲- جداسازی باکتری آزوسپیریلوم برازیلنس..... ۴۴

۱-۱-۲- جداسازی باکتری آزوسپیریلوم برازیلنس از ریشه‌های گندم..... ۴۴

۲-۱-۲- شناسایی گونه آزوسپیریلوم برازیلنس از سایرگونه‌ها ۴۹

۲-۲- اندازه‌گیری تولید ایندول-۳-استیک اسید(IAA)..... ۵۱

۳-۲- آزمون توان تثبیت بیولوژیک نیتروژن..... ۵۱

۴-۲- آزمایش گلخانه‌ای ۵۲

۱-۴-۲- تهیه مایه تلقیح(زاد مایه) ۵۲

۲-۴-۲- انتخاب خاک..... ۵۳

۳-۴-۲- کاشت، داشت و برداشت..... ۵۴

فصل سوم : نتایج و بحث

۱-۳- آزمایشات خاکشناسی..... ۵۷

۲-۳- آزمون شمارش کلنی مایه تلقیح..... ۵۷

۳-۳- جداسازی و خالص‌سازی باکتری آزوسپیریلوم برازیلنس..... ۵۷

۴-۳- آزمون درون شیشه ای (*In Vitro*)..... ۵۸

۱-۴-۳- آزمون توان تثبیت بیولوژیک نیتروژن..... ۵۸

۲-۴-۳- آزمون کمی تولید هورمون IAA ۵۹

۵-۳- تأثیر تیمارها بر عملکرد و اجزاء عملکرد..... ۶۰

۱-۵-۳- تأثیر تیمارها بر عملکرد بیولوژیک..... ۶۰

۲-۵-۳- تأثیر تیمارها بر وزن دانه..... ۶۸

۳-۵-۳- تأثیر تیمارها بر وزن کاه و کلش ۷۰

۴-۵-۳- تأثیر تیمارها بر پنجه‌زنی گیاه گندم ۷۲

۵-۵-۳- تأثیر تیمارها بر تعداد پنجه‌های بارور ۷۵

۶-۵-۳- تأثیر تیمارها بر ارتفاع گیاه ۷۸

۷-۵-۳- تأثیر تیمارها بر تعداد دانه در خوشه ۷۸

۸-۵-۳- تأثیر تیمارها در طول خوشه..... ۸۰

۹-۵-۳- تأثیر تیمارها در وزن هزاردانه ۸۱

۶-۳- تأثیر تیمارها بر جذب عناصر غذایی ۸۲

۳-۶-۱- تأثیر تیمارها در میزان نیتروژن کاه و کلش ۸۲
۳-۶-۲- تأثیر تیمارها در درصد نیتروزن دانه..... ۹۱
۳-۶-۳- تأثیر تیمارها بر میزان جذب نیتروژن گیاه گندم..... ۹۵
۳-۶-۴- تأثیر تیمارها بر جذب فسفر گیاه گندم ۹۸
۳-۶-۵- تأثیر تیمارها بر جذب پتاسیم گیاه ۱۰۰
۳-۶-۶- تأثیر تیمارها بر میزان نیتروژن باقیمانده خاک..... ۱۰۲
۳-۷ - نتیجه‌گیری..... ۱۰۶
منابع..... ۱۰۷.
چکیده انگلیسی..... ۱۱۷

فهرست جداول

جدول۱-۱- دامنه تقریبی وزن زنده موجودات خاک.....۵
جدول۲-۱- خصوصیات پنج گونه آزوسپیریلوم.....۱۵
جدول۳-۱- سوبسترای نیتروژناز.....۲۱
جدول۱-۲- ترکیب محیط کشت Nfb.....۴۶
جدول۲-۲- ترکیب محیط کشت BMS.....۴۷
جدول۳-۲- ترکیب محیط کشت RC.....۴۸
جدول۱-۳- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک.....۵۷
جدول۲-۳- آزمون درون شیشه‌ای.....۶۰
جدول۳-۳- نتایج تجزیه واریانس تیمارهای مختلف بر خصوصیات رشد گندم.....۶۱
جدول۴-۳- مقایسه میانگین اثر متقابل کود نیتروژن و باکتری بر عملکرد.....۶۷
جدول۵-۳- مقایسه میانگین اثر متقابل کود نیتروژن و مواد آلی بر عملکرد.....۶۸
جدول۶-۳- مقایسه میانگین سطوح مواد آلی بر عملکرد.....۶۹
جدول۷-۳- مقایسه میانگین اثر متقابل باکتری و مواد آلی بر خصوصیات رشد گندم.....۷۴
جدول۸-۳- خلاصه تجزیه واریانس اثر تیمارهای مختلف بر جذب عناصر غذایی.....۸۲
جدول۹-۳- مقایسه میانگین اثر متقابل باکتری و کود نیتروژن بر جذب عناصر غذایی.....۸۷
جدول۱۰-۳- مقایسه میانگین سطوح مواد آلی بر جذب عناصر غذایی.....۸۸
جدول۱۱-۳- مقایسه میانگین اثر متقابل باکتری و مواد آلی بر جذب عناصر غذایی.....۸۹
جدول۱۲-۳- مقایسه میانگین اثر متقابل کود نیتروژن و مواد آلی بر جذب عناصر غذایی.....۹۰
جدول۱۳-۳- مقایسه میانگین اثر متقابل باکتری، مواد آلی و کود نیتروژن بر جذب عناصر غذایی.....۹۲

فهرست نمودارها

نمودار ۱-۳-الف- احیاء استیلن توسط باکتری آزوسپیریلوم برازیلنس.....۵۸
نمودار ۱-۳-ب – احیاء استیلن توسط باکتری ازتوباکتر کروکوکوم.....۵۹
نمودار ۲-۳- مقایسه میانگین تیمارهای باکتریایی بر خصوصیات رشد.....۶۳
نمودار ۳-۳- مقایسه میانگین سطوح کود نیتروژن بر خصوصیات رشد ۶۴
نمودار ۴-۳- مقایسه میانگین تیمارهای باکتریایی بر جذب عناصر غذایی.....۸۵
نمودار ۵-۳- مقایسه میانگین سطوح کود نیتروژن بر جذب عناصر غذایی.....۸۶

مقدمه

گندم احتمالاً یکی از اولین گیاهانی است که بوسیله انسان زراعت شده و به همین دلیل مهمترین گیاه زراعی جهان و ایران به شمار می‌رود. سطح زیرکشت و تولید آن از سایر غلات بیشتر است. زراعت آن از تمام گیاهان ساده‌تر، تطابق آن در مناطق مختلف که دارای شرایط آب و هوایی متفاوتی می‌باشند، بیشتر است و از طرف دیگر غذای اولیه و اصلی اغلب مردم جهان را تشکیل می‌دهد(خدابنده۱۳۸۴).

گندم گیاهی است که به مقدار زیاد و در مساحت وسیعی از زمین‌های کشاورزی دنیا و حتی در نواحی خشک، کشت می‌گردد و محصول کافی تولید می‌نماید. از نظر تولید و سطح زیر کشت مهمترین محصول کشاورزی ایران است و افزایش محصول آن روز به روز مورد توجه قرار گرفته و از نظر اقتصادی و تأمین غذای اصلی از اهمیت بسیاری برخوردار است(فیضی‌اصل و ولی‌زاده ۱۳۸۳).

افزایش محصول گندم مانند سایر فرآورده‌های کشاورزی بستگی به عوامل مختلفی دارد که یکی از این عوامل تأمین عناصر مورد نیاز گیاه از طریق کودهای شیمیایی است. درمیان عناصر مورد نیاز گیاه نیتروژن عنصری مهم و حیاتی برای رشد گیاه به شمار می‌رود که عرضه آن بوسیله انسان قابل تنظیم است در نتیجه استفاده مناسب از کودهای نیتروژنی برای افزایش تولید گندم از ضروریات کشت این محصول می‌باشد زیرا نیتروژن محدود کننده‌ترین عنصرغذایی در مقیاس جهانی بوده و محور اصلی تمامی کودهای شیمیایی به شمار می‌رود. هرچند استفاده از کودهای معدنی ظاهراً سریعترین و مطمئن‌ترین راه برای تأمین حاصلخیزی خاک است، لیکن هزینه‌های زیاد مصرف کود، آلودگی آب و خاک و تخریب محیط زیست نگران کننده است. بنابراین استفاده کامل از منابع غذایی گیاهی تجدید شونده (آلی و بیولوژیک) به همراه کاربرد بهینه مواد معدنی نقش مهمی در حفظ باروری، ساختمان و فعالیت حیاتی خاک ایفا می‌کند(ابراهیمی و بهرامی ۱۳۸۳).

بعد از جنگ جهانی دوم کاربرد کودهای شیمیایی، انقلابی در تولید محصولات کشاورزی بوجود آورد و افزایش تولید کودهای تجارتی با قیمت کم، مصرف روزافزون آنها را به ویژه در کشورهای در حال

توسعه گسترش داد. از آن زمان تاکنون از کودهای شیمیایی به عنوان ابزاری برای رسیدن به حداکثر تولید در واحد سطح استفاده می‌شود. در ایران نیز مانند سایر کشورها، مصرف کود شیمیایی از سال ۱۳۲۵ شروع گردید و از آن زمان تا کنون مرتبا" در حال افزایش می‌باشد(عموآقائی و همکاران ۱۳۸۲).

در حال حاضر مشکلات اقتصادی ناشی از روند رو به رشد هزینه کودهای شیمیایی از یک سو و اثرات سوء زیست محیطی و تخریب ناشی از استفاده بی رویه و غیر اصولی این کودها از سوی دیگر از مشکلات کشاورزی پایدار می‌باشد. لذا یکی از معضلات مهمی که امروزه ساکنین کره زمین با آن دست و پنجه نرم می‌کنند، مسئله آلودگی محیط زیست می‌باشد که در این بین سهم بخش کشاورزی نیز قابل توجه می‌باشد.

مهمترین منابع آلودگی در بخش کشاورزی استفاده از کودهای شیمیایی خصوصا" کودهای نیتروژنی می‌باشد. مصرف بی رویه کودهای شیمیایی نیتروژنی باعث آلودگی نیتراتی آبهای سطحی و زیرزمینی و در نهایت موجب مسمومیت انسان، دام و آبزیان می‌شوند همچنین مشکل افزایش نیتراتزدائی[1] و در نتیجه سنتز بیشتر گازهای سمی(اکسیدهای نیتروژنی)، تخریب لایه حیاتی ازن را به همراه دارند. با توجه به این مشکلات یافتن روشهای جدید با کارایی بالا از ضروریات کشاورزی در آستانه هزاره سوم است که با بحران شدید مواد غذایی روبه رو می‌باشد(خسروی و همکاران ۱۳۸۰).

خاک محیط پیچیده‌ای است که محل تعامل تمامی فاکتورهای به کار گرفته شده در امر تولید می‌باشد و چنانچه بشر در استفاده از نهاده‌های کشاورزی رعایت اعتدال را ننماید، زیان‌هایی که بدین طریق به محیط زیست وارد می‌گردد غیر قابل جبران بوده و در عین حال اتلاف سرمایه را به دنبال خواهد داشت(رحمانی و فلاح ۱۳۸۰).

به همین علت امروزه تفکر استفاده از میکروارگانیسم‌های مفید خاک به منظور افزایش محصول، بالا بردن کیفیت تولیدات کشاورزی، کنترل بیماریهای گیاهی، کاهش مصرف سموم و کودهای شیمیایی، جلوگیری از آلودگی آب‌های جاری و زیرزمینی و حفظ محیط زیست مطرح می‌باشد. از میان

[1]- denitrification

میکروارگانیسم‌های خاک، در طی سالیان اخیر برای خانواده غلات گونه‌هایی از باکتریها به نام باکتریهـای محرک رشد گیاه[۲](PGPR) معرفی گردید.

از اهداف این تحقیق می‌توان به موارد زیر اشاره کرد

۱- آیا بکارگیری باکتریهای محرک رشد گیاه(PGPR) در تلقیح با گیاه گندم تأثیری در عملکـرد و سایر شاخص‌های رشد گیاه دارد؟

۲- آیا این دو باکتری توانائی رقابت با سایر میکروارگانیسم‌ها را در خاک و آب غیر استریل دارند؟

۳- کاربرد همزمان دو باکتری نسبت به هر کدام به تنهائی چه تأثیری در عملکرد خواهد داشت.

۴- کاربرد این دو باکتری در تلفیق با کود نیتروژنی و مواد آلی چه تأثیری در عملکرد و شاخص های رشد گیاه گندم خواهد داشت.

۵- آیا کاربرد مواد آلی به عنوان منبع غذائی و انرژی برای باکتریها تـأثیری در کـارائی آنهـا خواهـد داشت؟

[2]- Plant Growth Promotig Rhizobacteria

فصل اول

کلیات و سابقه تحقیق

۱-۱ موجودات زنده خاک:

اجزای اصلی خاک، گاز، آب، مواد معدنی و آلی است. علاوه بر اجزاء اصلی مجموعه‌ای از موجودات زنده در خاک وجود دارند (جدول۱-۱). میکروارگانیسم‌های خاک، مخصوصاً باکتریها با توان انجام فرایندهای مختلف بیولوژیک، در تمامی مراحل تغییر و تحولات مربوط به چرخه عناصر غذایی در خاک دخالت دارند و به این ترتیب رشد گیاه را کاملاً تحت تأثیر قرار می‌دهند. ریز موجودات خاک توانایی تثبیت بیولوژیک نیتروژن، تجزیه بقایای آلی، احیاء برخی عناصر در خاک را داشته و در چرخه عناصر بسیار حائز اهمیت می‌باشند. در واقع ریز موجودات و جانورانی که جامعه بیولوژیک خاک را تشکیل می‌دهند از طریق فعالیتهای آنزیمی عامل اصلی گردش چرخه‌های بیوشیمیایی در خاک هستند.

جدول۱-۱ دامنه تقریبی وزن زنده هر یک از موجودات عمده یک نوع خاک علفزارهای مناطق معتدل (کوچکی ۱۳۷۶)

موجودات زنده خاک	وزن زنده (تن در هکتار)
باکتریها	۱-۲
اکتینومیست ها	۰-۲
قارچها	۲-۵
کرمهای خاکی	۰-۲/۵
پروتوزآها	۰-/۵
نماتدها	۰-/۲
دیگر جانوران خاکزی	۰-/۵

۱-۲ باکتریهای خاک :

باکتریها به سرسلسله مونرا (یکی از پنج سرسلسله موجودات زنده که اعضای آن دارای سلولهای پروکاریوت بوده و عمدتا شامل باکتریها، اکتینومیست‌ها و سیانوباکترها هستند) تعلق دارند و به صورت

پروکاریوت‌های تک سلولی می‌باشند که یکی از متداول‌ترین ریز موجودات خاکزی بوده و نقش‌های مهمی در اکثر چرخه‌های اکولوژیکی کره زمین دارند (میلر[1] ۱۹۹۸).

اغلب باکتریهای خاکزی جذب سطحی ذرات خاک می‌شوند. باکتریها و ذرات خاک بار الکتریکی منفی دارند و از طریق پل‌های یونی از قبیل کاتیونهای چند ظرفیتی به یکدیگر متصل می‌شوند. بعضی از باکتریهای متداول خاکزی شامل: باسیلوس، سودوموناس، آرتروباکتر، کلوستریدیوم، نیتروزوموناس، میکروکوکوس، رایزوبیا، ازتوباکتر، آزوسپیریلوم و استوباکتر هستند(کوچکی۱۳۷۶؛ میلر۱۹۹۸).

باکتریها از نظر تعداد کل، تنوع گونه‌ها و شدت فعالیت، مهمترین موجودات زنده خاک محسوب می‌شوند. از لحاظ شکل ظاهری به اشکال مختلف گرد[2]، میله‌ای[3]، خمیده[4]، و مارپیچی[5] دیده می‌شوند. اندازه باکتریها بر حسب گونه آنها متفاوت بوده، از حدود ۰/۱ میکرون تا حدود ۲۰ میکرون تغییر می‌کند. سلول باکتری شامل سیتوپلاسم، هسته و دیواره‌های پوششی است و چون مواد هسته‌ای در داخل ساختمان واحد و مشخصی قرار نداشته و بصورت پراکنده در داخل سلول وجود دارند به همین دلیل باکتریها را جزء موجودات ذره بینی فاقد هسته مشخص و متمایز یعنی پروکاریوت[6] به حساب می‌آورند. باکتریها را بر حسب نیاز به اکسیژن به گروههای هوازی، بی‌هوازی اجباری، بی‌هوازی اختیاری و میکرو هوازی تقسیم بندی می‌کنند. همچنین بر حسب تحرک باکتری آنها را به دو دسته متحرک و ثابت تقسیم بندی می‌کنند که گروه متحرک بوسیله تاژک یا مژک یا لغزندگی حرکت می‌کنند.

الکساندر[7] ۱۹۶۷ باکتریها را به دو گروه باکتریهای بومی[8] و باکتریهای غیر بومی تقسیم‌بندی نمود که باکتریهای بومی فعالیت متابولیکی کمتری نسبت به گروه دوم دارند ولی جمعیت آنها در سطح نسبتاً

[1] - Miller
[2] - Cocci
[3] - Bacillus
[4] - Vibrions
[5] - Spirilles
[6] - Prokaryotes
[7] - Alexander
[8] - Autochtonous:Indigenous

ثابتی قرار دارد و کمتر دستخوش تغییرات شدید می‌شوند و مواد غذایی مورد نیاز خود را از آنچه که به طور معمول در خاک وجود دارد کسب می‌کنند و به منبع انرژی اضافی نیازی ندارند.

باکتریهای غیر بومی[9] یا مولد تخمیر تعدادشان در خاک به طور معمول کم است ولی به محض افزودن مواد آلی یا کودهای مختلف به سرعت زیاد می‌شوند و تا موقعی که مواد کافی در اختیار داشته باشند، جمعیت آنها زیاد می‌شود و به تدریج با کاهش مواد غذایی جمعیت آنها نیز کم می‌شود.

تقسیم بندی باکتریها بر حسب منبع کربن و انرژی:

اکثر باکتریهای خاک هتروتروف هستند یعنی کربن مورد نیاز خود را از مواد آلی کسب می‌کنند و مواد معدنی را برای تأمین سایر احتیاجات غذایی مصرف می‌نمایند .

گروه کوچکی از باکتریهای خاک اتوتروف می‌باشند یعنی احتیاجی به مواد آلی ندارند. گروهی از باکتریها که انرژی لازم برای اعمال حیاتی خود را از نور خورشید کسب می‌کنند، فتوتروف و گروهی دیگر که انرژی خود را از واکنشهای شیمیایی اکسید و احیاء تأمین می‌کنند، کموتروف یا شیمیوتروف نامیده می‌شوند.

هر یک از دو گروه فتوتروفها و شیمیوتروفها بر حسب اینکه الکترون لازم برای انجام واکنشهای اکسید و احیاء را از یک ماده آلی یا معدنی بدست آورند، خود به دو گروه لیتوتروف (دهنده الکترون، یک ماده معدنی است) و ارگانوتروف (دهنده الکترون، یک ماده آلی است) تقسیم می‌شوند به این ترتیب باکتریهای خاک به طور کلی از نظر منبع کسب انرژی و الکترون به چهار گروه متمایز تقسیم می‌شوند.

فتولیتوتروفها[10] :

این باکتریها کربن لازم را از گاز کربنیک اتمسفر می‌گیرند و در ضمن به علت داشتن ذرات کلروفیل (باکتریوکلروفیل) انرژی مورد نیاز خود را از نور خورشید تأمین می‌کنند و الکترون لازم برای احیاء CO_2

[9] - Allochtone: Exogenous
[10] - Photolithotrophs