بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده کشاورزی

گروه آب وخاک

تاثیر دو باکتری تیوباسیلوس و سودوموناس به همراه گوگرد عنصری و کود سبز بر فسفر محلول حاصل از سنگ فسفات

سامان ابراهیمی

استاد راهنما:

دکتر علی عباسپور

اساتید مشاور:

دکتر حمیدرضا اصغری

مهندس علی اصغر نادری

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

شهریور ۱۳۹۳

تقدیم به

دو وجود مقدس

آن که با وجود نبودش همیشه هست

آن که موهایش سپید شد تا ما روسفید شویم

پدرم

مادرم

تشکر و قدردانی

همتم بدرقه ی راه کن ای طایر قدس که دراز است ره مقصد و من نو سفرم

سپاس و ستایش خداوندی را سزاست که کسوت هستی را بر اندام موزون آفرینش بپوشانید و تجلیات قدرت لایتزالی را در مظاهر و آثار طبیعت نمایان گردانید. بار الها! من با یاد تو، به تو تقرب می جویم و تو را به پیشگاه تو شفیع می آورم و از تو خواستارم، به کرمت، مرا به خودت نزدیک گردانی و یاد خود را به من الهام کنی و بر من رحمت آوری و به آنچه بهره و نصیب من ساخته ای، خشنودم قرار دهی و در همه حال به فروتنی ام وا داری.

اکنون که خداوند متعال بر بنده حقیر خود منت نهاده و از سر لطف و کرم مرا لایق فراگیری علم قرار داده، چنانچه این مختصر تلاشم شایسته ارزشی باشد، شایسته تر آن است که زحمات استاد بزرگوارم **جناب آقای دکتر علی عباسپور** را ارج نهم که در سایه راهنمایی های عالمانه، سعی و تلاش بی حد و حصرشان، دلسوزی های صبورانه همکاری های بی دریغشان، این بار گران به منزل رسید. از اساتید مشاور پایان نامه **جناب آقای دکتر حمیدرضا اصغری و جناب آقای مهندس علی اصغر نادری** به سبب راهنمائیهای علمی شان و از اساتید محترم داور این پایان نامه جناب آقایان دکتر شاهین شاهسونی و هادی قربانی که زحمت باز خوانی این پایان نامه را به عهده داشتند صمیمانه تشکر و قدردانی می نمایم.

کمال تشکر را از کلیه مسئولین آزمایشگاه ها بخصوص جناب آقای مهندس غلامرضا شاکری به خاطر همکاری و همیاری ایشان به بنده در این کار و همچنین خانم مهندس احمدی و جناب آقای مهندس حسین پور دارم. در آخر از کلیه همکلاسیان، دوستان، و دیگر دانشجویان کارشناسی که بنده را در این پایان نامه یاری رساندند تشکر می کنم.

سامان ابراهیمی

شهریور ۹۳

تعهد نامه

اینجانب سامان ابراهیمی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی آب و خاک دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه **تاثیر دو باکتری تیوباسیلوس و سودوموناس به همراه گوگرد عنصری و کود سبز بر فسفر محلول حاصل از سنگ فسفات** تحت راهنمایی **جناب آقای دکتر عباسپور** متعهد می‌شوم.

- 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 : شهریور ۱۳۹۳

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

خاکهای آهکی که بخش عمده‌ای از زمینهای زراعی و باغهای کشورمان را شامل می‌شود باعث شده که کارایی کودهای شیمیایی فسفره در این زمین‌ها کاهش یابد و به همین دلیل کشاورزان برای بدست آوردن محصول هر ساله مقادیر مختلفی از این کودهای شیمیایی را به اراضی زیر کشت اضافه می‌کنند که این کار باعث تجمع و تثبیت فسفر در خاک می‌شود. از طرفی دیگر محدودیت منابع فسفر و هزینه بالای واردات کودهای فسفره مشکل‌ساز بوده است و مصرف بی‌رویه این کودها آلودگی-های زیست محیطی را بدنبال دارد. استفاده از سنگ فسفات به طور مستقیم می‌تواند منبع تأمین فسفر برای گیاه باشد. تلقیح خاک فسفات حاصل از سنگ فسفات با باکتری‌های تیوباسیلوس و سودوموناس، و استفاده از گوگرد و ماده آلی می‌تواند سبب فراهمی فسفر از سنگ فسفات شود و یا می‌توان تنها با تلقیح باکتریها و کاربرد گوگرد و ماده آلی فسفر خاک را آزاد کرد. هدف از انجام این آزمایش بررسی تأثیر باکتری‌های تیوباسیلوس و سودوموناس به همراه گوگرد و کود سبز بر فسفر و بعضی دیگر از خصوصیات خاک می‌باشد. این آزمایش به صورت طرح کاملاً تصادفی روی ۲ نوع خاک و با ۱۰ تیمار و در ۳ تکرار انجام شد. تیمارهای اعمالی شامل گوگرد عنصری، کود سبز (یونجه)، باکتریهای تیوباسیلوس نئوپوم و سودوموناس فلورسنس بودند. نمونه‌های خاک ۵۰ گرمی تهیه شد و بسته به نوع تیمار گوگرد به میزان ۰/۵ درصد، کودسبز به میزان ۲ درصد و خاک فسفات به میزان ۱درصد به آنها اضافه شد. در دوره‌های ۵، ۲۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ روزه از خاکها نمونه برداری شده و خصوصیاتی از قبیل pH، EC، سولفات محلول، فسفر محلول و فسفر قابل جذب اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که اعمال تیمارهای کودی اثر مثبتی را بر کاهش pH داشته است. اعمال تیمارهای کودی باعث شد که هدایت الکتریکی افزایش یافته و باعث افزایش شوری خاک شده است. افزایش فسفر محلول و فسفر قابل جذب در اثر اعمال تیمارهای کودی در خاکها مشاهده شد ولی این میزان افزایش در فسفر محلول بیشتر از فسفر قابل جذب بود. میزان سولفات محلول نیز با اعمال تیمارهای کودی افزایش یافت. بیشترین تأثیر را بر روی خصوصیات مورد مطالعه تیمار کودسبز، گوگرد و تیوباسیلوس گذاشت.

کلمات کلیدی: سنگ فسفات، باکتری تیوباسیلوس نئوپوم، باکتری سودوموناس فلورسنس، گوگرد، کود سبز

مقالات مستخرج از پایان نامه

۱- بررسی تأثیر خاک فسفات به همراه کودسبز، گوگرد و باکتری‌های سودوموناس و تیوباسیلوس بر فسفر قابل جذب و برخی خصوصیات شیمیایی خاک، سیزدهمین کنگره علوم خاک ایران، اهواز، دانشگاه شهید چمران اهواز، بهمن ماه ۱۳۹۲.

۲- تأثیر گوگرد، کود سبز و باکتر ی های تیوباسیلوس و سودوموناس بر آزاد سازی فسفر و سولفات خاک از یک خاک آهکی، سیزدهمین کنگره علوم خاک ایران، اهواز، دانشگاه شهید چمران اهواز، بهمن ماه ۱۳۹۲.

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول: مقدمه ۱

فصل دوم: مرور منابع ۹
۲-۱- فسفر در خاک ۱۱
۲-۲- اشکال فسفر در خاک ۱۲
۲-۲-۱- فسفر آلی ۱۳
۲-۲-۲- فسفر معدنی ۱۳
۲-۲-۳- کانی های فسفاته ۱۵
۲-۲-۴- فسفر جذب سطحی شده ۱۵
۲-۳- حرکت و خروج فسفر از خاک ۱۶
۲-۴- تثبیت فسفر در خاک ۱۶
۲-۴-۱- تثبیت توسط یون های Al و Fe ۱۷
۲-۴-۲- تثبیت توسط رس های سیلیکاتی ۱۷
۲-۴-۳- تثبیت توسط اکسیدهای آبدار ۱۷
۲-۴-۴- تثبیت توسط یون کلسیم ۱۷
۲-۵- عوامل مؤثر بر قابلیت جذب فسفر ۱۷
۲-۵-۱- اثر pH در قابلیت استفاده از فسفر ۱۸
۲-۵-۲- اثر افزایش فسفات بر جذب فسفر ۱۹
۲-۵-۳- اثر دما بر جذب فسفر ۱۹
۲-۵-۴- تاثیر رطوبت خاک بر جذب فسفر ۱۹
۲-۶- گوگرد ۲۰
۲-۶-۱- اهمیت گوگرد ۲۰
۲-۶-۲- نقش گوگرد در افزایش حلال‌سازی فسفر در خاک‌های آهکی ۲۱
۲-۶-۳- اکسایش گوگرد ۲۱
۲-۶-۴- عوامل مؤثر بر اکسیداسیون گوگرد ۲۲
۲-۶-۵- تاثیر اکسایش گوگرد بر هدایت الکتریکی ۲۲
۲-۷- کود سبز ۲۳
۲-۸- تأثیر کودسبز بر آزادسازی فسفر ۲۳
۲-۹- پاسخ گیاهان در برابر کودهای فسفره ۲۴
۲-۱۰- اثرات مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی فسفره ۲۵
۲-۱۰-۱- آلودگی خاک به کادمیم ۲۵
۲-۱۰-۲- مسمومیت فسفر ۲۶
۲-۱۰-۳- کاهش عملکرد ۲۶

۲-۱۰-۴- غیر متحرک شدن آهن درخاک و جلوگیری ازجذب آن به وسیله ریشه ۲۶
۲-۱۱- سنگ فسفات ۲۶
۲-۱۲- راهکارهای استفاده ی مستقیم از سنگ فسفات ۲۸
۲-۱۲-۱- کاربرد خاک فسفات با میکروارگانیسم ۲۸
۲-۱۲- ۲-خاک فسفات قسمتی اسیده شده ۲۸
۲-۱۲-۳- مخلوط کردن خاک فسفات با گوگرد و ماده آلی ۲۸
۲-۱۲-۲- استفاده از اسیدهای آلی ۲۹
۲-۱۳- کود بیولوژیک ۲۹
۲-۱۴- باکتری های خاک ۲۹
۲-۱۴-۱- انحلال فسفات های آلی توسط باکتری ۳۱
۲-۱۴-۲- باکتریهای حل کننده فسفات ۳۱
۲-۱۴-۳- باکتری سودوموناس ۳۲
۲-۱۴-۴- تأثیر باکتری سودوموناس بر جذب فسفر ۳۳
۲-۱۴- ۵- تیوباسیلوس ۳۳
۲-۱۴- ۶- تأثیر تلقیح خاک فسفات با باکتری تیوباسیلوس به همراه گوگرد بر pH ۳۴
۲-۱۴-۷- کاربرد خاک فسفات، گوگرد، ماده آلی و باکتری تیوباسیلوس به جای کود ۳۴

فصل سوم: مواد و روش ها ۳۵
۳-۱- زمان و محل انجام آزمایش ۳۷
۳-۲- مشخصات منطقه مورد مطالعه ۳۷
۳-۳- برداشت و آماده سازی نمونه های خاک ۳۸
۳-۴- مطالعات آزمایشگاهی ۳۹
۳-۵- نمونه برداری جهت آزمایش ۴۰
۳-۶- اندازه گیری pH نمونه ها ۴۰
۳-۷- اندازه گیری هدایت الکتریکی(EC) ۴۱
۳-۸- اندازه گیری سولفات محلول به روش توربیدمتری ۴۱
۳-۸-۱- روش کار ۴۲
۳-۹- فسفر قابل جذب ۴۳
۳-۹- ۱- اصول ۴۳
۳-۹- ۲- اندازه گیری فسفر قابل جذب به روش اولسن ۴۳
۳-۹-۳- روش کار ۴۵
۳-۱۰- اندازه گیری فسفر محلول خاک ۴۵
۳-۱۱- تجزیه و تحلیل آماری داده ها ۴۵

فصل چهارم: نتایج و بحث ۴۷
۴-۱- اثر تیمارها و زمان نگهداری برpH خاکها ۴۹
۴=۲- میانگین اثر تیمارها بر pH خاکها ۵۶

۴-۳- اثر تیمارها و زمان نگهداری بر EC خاکها ۵۹
۴=۴- میانگین اثر تیمارها بر EC خاکها ۶۵
۴-۵- اثر تیمارها و زمان نگهداری بر سولفات محلول خاکها ۶۸
۴=۶- میانگین اثر تیمارها بر بر سولفات محلول خاکها ۷۳
۴-۷- اثر تیمارها و زمان نگهداری بر فسفر محلول خاکها ۷۶
۴=۸- میانگین اثر تیمارها بر فسفر محلول خاکها ۸۲
۴-۹- اثر تیمارها و زمان نگهداری بر فسفر قابل جذب خاکها ۸۵
۴=۱۰- میانگین اثر تیمارها بر بر فسفر قابل جذب خاکها ۹۲
۴-۱۱- اثر تیمارهای کودی بر تغییرات حلالیت فسفر در خاک ۹۵

نتیجه گیری ۱۰۰
پیشنهادها ۱۰۱
پیوست‌ها ۱۰۳

منابع ۱۰۹

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

فصل دوم

شکل ۲-۱- تأثیر pH محلول بر تغییرات یون های ارتوفسفات..... ۱۴
شکل ۲-۲- سازوکارهای درگیر در انحلال فسفاتهای معدنی و معدنی شدن فسفات..... ۳۰

فصل سوم

شکل ۳-۱- موقعیت منطقه مجن..... ۳۷

فصل چهارم

شکل ۴-۱- اثر تیمارها و زمان بر pH خاک چاه شهرداری همراه با خاک فسفات(تیمارهای بدون باکتریها)..... ۵۱
شکل ۴-۲- اثر تیمارها و زمان بر pH خاک چاه شهرداری همراه با خاک فسفات(تیمارهای حاوی باکتریها)..... ۵۱
شکل ۴-۳- اثر تیمارها و زمان بر pH خاک چاه شهرداری بدون خاک فسفات(تیمارهای بدون باکتریها)..... ۵۳
شکل ۴-۴- اثر تیمارها و زمان بر pH خاک چاه شهرداری بدون خاک فسفات(تیمارهای حاوی باکتریها)..... ۵۳
شکل ۴-۵- اثر تیمارها و زمان بر pH خاک درخانیاب(تیمارهای بدون باکتری)..... ۵۵
شکل ۴-۶- اثر تیمارها و زمان بر pH خاک درخانیاب(تیمارهای بدون باکتری)..... ۵۵
شکل ۴-۷- میانگین اثر تیمارها بر pH خاک چاه شهرداری همراه با خاک فسفات..... ۵۷
شکل ۴-۸- میانگین اثر تیمارها بر pH خاک چاه شهرداری بدون خاک فسفات..... ۵۸
شکل ۴-۹- میانگین اثر تیمارها بر pH خاک درخانیاب..... ۵۸
شکل ۴-۱۰- اثر تیمارها و زمان بر EC خاک چاه شهرداری همراه با خاک فسفات(تیمارهای بدون باکتریها)..... ۶۱
شکل ۴-۱۱- اثر تیمارها و زمان بر EC خاک چاه شهرداری همراه با خاک فسفات(تیمارهای حاوی باکتریها)..... ۶۱
شکل ۴-۱۲- اثر تیمارها و زمان بر EC خاک چاه شهرداری بدون خاک فسفات(تیمارهای بدون باکتریها)..... ۶۲
شکل ۴-۱۳- اثر تیمارها و زمان بر EC خاک چاه شهرداری بدون خاک فسفات(تیمارهای حاوی باکتریها)..... ۶۲
شکل ۴-۱۴- اثر تیمارها و زمان بر EC خاک درخانیاب(تیمارهای بدون باکتری)..... ۶۴
شکل ۴-۱۵- اثر تیمارها و زمان بر EC خاک درخانیاب(تیمارهای بدون باکتری)..... ۶۴
شکل ۴-۱۶- میانگین اثر تیمارها بر EC خاک چاه شهرداری همراه با خاک فسفات..... ۶۶
شکل ۴-۱۷- میانگین اثر تیمارها بر EC خاک چاه شهرداری بدون خاک فسفات..... ۶۷
شکل ۴-۱۸- میانگین اثر تیمارها بر EC خاک درخانیاب..... ۶۷
شکل ۴-۱۹- اثر تیمارها و زمان برسولفات محلول چاه شهرداری همراه با خاک فسفات(تیمارهای بدون باکتریها)..... ۷۰
شکل۴-۲۰- اثر تیمارها و زمان برسولفات محلول چاه شهرداری همراه با خاک فسفات(تیمارهای حاوی باکتریها)... ۷۰
شکل ۴-۲۱- اثر تیمارها و زمان برسولفات محلول چاه شهرداری بدون خاک فسفات(تیمارهای بدون باکتریها)..... ۷۱
شکل ۴-۲۲- اثر تیمارها و زمان برسولفات محلول چاه شهرداری بدون خاک فسفات(تیمارهای حاوی باکتریها)..... ۷۱
شکل ۴-۲۳- اثر تیمارها و زمان برسولفات محلول خاک درخانیاب(تیمارهای بدون باکتری)..... ۷۲

شکل ۴-۲۴- اثر تیمارها و زمان برسولفات محلول خاک درخانیاب(تیمارهای بدون باکتری) ۷۳
شکل ۴-۲۵- میانگین اثر تیمارها برسولفات محلول خاک چاه شهرداری همراه با خاک فسفات ۷۵
شکل ۴-۲۶- میانگین اثر تیمارها برسولفات محلول خاک چاه شهرداری بدون خاک فسفات ۷۵
شکل ۴-۲۷- میانگین اثر تیمارها برسولفات محلول خاک درخانیاب ۷۶
شکل ۴-۲۸- اثر تیمارها و زمان برفسفر محلول چاه شهرداری همراه با خاک فسفات(تیمارهای بدون باکتریها) ۷۸
شکل۴-۲۹- اثر تیمارها و زمان برفسفر محلول چاه شهرداری همراه با خاک فسفات(تیمارهای حاوی باکتریها) ۷۹
شکل ۴-۳۰- اثر تیمارها و زمان برفسفر محلول چاه شهرداری بدون خاک فسفات(تیمارهای بدون باکتریها) ۷۹
شکل ۴-۳۱- اثر تیمارها و زمان برفسفر محلول چاه شهرداری بدون خاک فسفات(تیمارهای حاوی باکتریها) ۸۰
شکل ۴-۳۲- اثر تیمارها و زمان برفسفر محلول خاک درخانیاب(تیمارهای بدون باکتری) ۸۱
شکل ۴-۳۳- اثر تیمارها و زمان برفسفر محلول خاک درخانیاب(تیمارهای بدون باکتری) ۸۱
شکل ۴-۳۴- میانگین اثر تیمارها برفسفرمحلول خاک چاه شهرداری همراه با خاک فسفات ۸۳
شکل ۴-۳۵- میانگین اثر تیمارها بر سولفات محلول خاک چاه شهرداری بدون خاک فسفات ۸۴
شکل ۴-۳۶- میانگین اثر تیمارها بر سولفات محلول خاک درخانیاب ۸۴
شکل ۴-۳۷- اثر تیمارها و زمان برفسفر قابل جذب چاه شهرداری همراه با خاک فسفات(تیمارهای بدون باکتریها) .. ۸۷
شکل۴-۳۸- اثر تیمارها و زمان برفسفر قابل جذب چاه شهرداری همراه با خاک فسفات(تیمارهای حاوی باکتریها) .. ۸۷
شکل ۴-۳۹- اثر تیمارها و زمان برفسفر قابل جذب چاه شهرداری بدون خاک فسفات(تیمارهای بدون باکتریها) ۸۹
شکل ۴-۴۰- اثر تیمارها و زمان بر فسفر قابل جذب چاه شهرداری بدون خاک فسفات(تیمارهای حاوی باکتریها) ... ۸۹
شکل ۴-۴۱- اثر تیمارها و زمان بر فسفر قابل جذب خاک درخانیاب(تیمارهای بدون باکتری) ۹۱
شکل ۴-۴۲- اثر تیمارها و زمان بر فسفر قابل جذب خاک درخانیاب(تیمارهای بدون باکتری) ۹۱
شکل ۴-۴۳- میانگین اثر تیمارها بر فسفر قابل جذب خاک چاه شهرداری همراه با خاک فسفات ۹۳
شکل ۴-۴۴- میانگین اثر تیمارها بر فسفر قابل جذب خاک چاه شهرداری بدون خاک فسفات ۹۴
شکل ۴-۴۵- میانگین اثر تیمارها بر فسفر قابل جذب خاک درخانیاب ۹۴
شکل ۴-۴۶- اثر پودر یونجه و باکتریها بر تغییرات حلالیت فسفر در خاک چاه شهرداری همراه با خاک فسفات ۹۷
شکل ۴-۴۷- اثر گوگرد و باکتریها بر تغییرات حلالیت فسفر در خاک چاه شهرداری همراه با خاک فسفات ۹۷
شکل ۴-۴۸- اثر پودر یونجه و باکتریها بر تغییرات حلالیت فسفر در خاک چاه شهرداری بدون خاک فسفات ۹۸
شکل ۴-۴۹- اثر گوگرد و باکتریها بر تغییرات حلالیت فسفر در خاک چاه شهرداری بدون خاک فسفات ۹۸
شکل ۴-۵۰- اثر پودر یونجه و باکتریها بر تغییرات حلالیت فسفر در خاک درخانیاب ۹۹
شکل ۴-۵۱- اثر گوگرد و باکتریها بر تغییرات حلالیت فسفر در خاک درخانیاب ۹۹

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

فصل سوم

جدول ۳-۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک‌های مورد مطالعه ۳۸

فصل چهارم

جدول ۴-۱- جدول تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه مربوط به خاک چاه شهرداری همراه با خاک فسفات ۱۰۵
جدول ۴-۲- جدول تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه مربوط به خاک چاه شهرداری بدون خاک فسفات ۱۰۶
جدول ۴-۳- جدول تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه مربوط به خاک درخانیاب.....۱۰۷

فصل اول

مقدمه

فسفر یکی از عناصر غذایی اصلی و مورد نیاز بوده که کمبود آن می‌تواند تولید محصول را محدود کند (Tejada and et al.,2006). شکل‌های مختلف فسفر در خاک بوسیله ویژگی‌هایی از قبیل pH، مقدار ماده آلی، نوع ذرات خاک و سطح آنها کنترل می‌شود و برخلاف ازت، ترکیبات فسفری تقریباً نامحلول بوده و تحرک چندانی در خاک ندارند و به راحتی از نیمرخ خاک شسته نمی‌شوند (Wagar et al., 2004).

در ایران این عنصر از لحاظ اقتصاد تهیه مواد خام، ساخت و واردات کود و همچنین به دلیل بررسی-های خاکشناسی اهمیت فوق‌العاده‌ای نسبت به سایر عناصر دارد (سالاردینی، ۱۳۸۸). از طرف دیگر توانایی آن در القای کمبود عناصر کم‌مصرف ضروری و اثرات منفی آن بر محیط زیست سبب توجه بیشتر به این عنصر شده است (زلفی باوریانی و نوروزی، ۱۳۸۹). فسفر پس از نیتروژن مهمترین عنصر مورد نیاز گیاه بوده که در ساختمان سلولی و در بسیاری از فعالیتهای حیاتی و از جمله ذخیره و انتقال انرژی شیمیایی دخالت دارد (افتخاری و همکاران، ۱۳۸۵). گیاهان فسفر مورد نیاز خود را به شکل آنیون ($H_2PO_4^-$ یا HPO_4^{2-}) از محلول خاک جذب می‌کنند. البته فسفر در خاکها به دو شکل آلی و معدنی (مقدار کل آن در محدوده ۱۲۰۰-۴۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) وجود دارد (Khan et al., 2007؛ Rodriguez and Fraga, 1999) ولی غلظت فسفات محلول در خاک معمولاً خیلی پایین بوده و در سطح ۱ میلی‌گرم در کیلوگرم یا کمتر می‌باشد. بنابراین در بیشتر خاکها از نظر میزان کل فسفر مشکلی وجود ندارد بلکه مشکل در دسترس بودن آن می‌باشد (Paul, 2007).

هرساله بین ۷۵ الی ۹۰ درصد فسفر اضافه شده به خاک به دلیل آهکی بودن اکثر خاکها، وجود pH بالا، تنش خشکی، وجود بیکربنات در آب آبیاری و کمبود مواد آلی موجود در خاک و همچنین در اثر ترکیب با کلسیم و آلومینیم و آهن در خاک به صورت رسوب در می‌آید و برای گیاه غیرقابل استفاده می‌شود (رجالی و همکاران، ۱۳۸۹). دو گروه از خاکها دچار کمبود فسفر می‌شوند، یکی خاکهای اسیدی که در این خاکها فسفر با عناصر آلومینیم و آهن تولید ترکیبات کم‌محلول فسفات آلومینیم و

فسفات آهن می‌نماید، دیگر گروهی از خاکها که غلظت فسفر قابل استفاده در آنها کم می‌باشد خاکهای آهکی می‌باشد که به علت کمبود کلسیم در این خاکها و ترکیب کلسیم با فسفر تولید ترکیبات فسفات کلسیم می‌نماید که حلالیت آن کم بوده و گیاهان کشت شده در چنین خاکهایی دچار کمبود فسفر می‌گردند (Krauss and Attoe, 1995). تامین فسفات مورد نیاز گیاه با استفاده از کودهای شیمیایی تاریخ دیرینه‌ای دارد و به انقلاب سبز و معرفی کودها در کشاورزی باز می‌گردد. در ایران نیز همزمان با تغییرات موجود در این زمینه واردات کودهای شیمیایی و استفاده آنها در کشاورزی شروع شد و تأسیس اولین کارخانه کود شیمیایی برای تولید سوپر فسفات ساده به سال ۱۳۲۴ باز می‌گردد (FAO, 2004). در سال‌های اخیر گزارشهای متعددی مبنی بر مصرف بیش از حد فسفر و تجمع آن در خاک ارائه شده است (توجه و همکاران، ۱۳۸۸). پیامدهای مصرف بی‌رویه کودهای فسفاته علاوه بر تجمع فسفر بیش از نیاز، ایجاد رقابت با جذب عناصر ریزمغذی بویژه روی (Zn)، اتلاف سرمایه، مسمومیت فسفر، کاهش عملکرد، افت کیفیت، کاهش جمعیت میکوریزای ریشه، هدر رفت ارز کشور و از همه مهمتر تجمع آلاینده‌هایی نظیر کادمیم در محصولات کشاورزی می‌باشد (توحیدی نیا، ۱۳۸۸ ؛ اصغری، ۱۳۸۶).

معایب کودهای شیمیایی و هزینه بالای تولید آنها، همچنین صدمات زیست محیطی ناشی از مصرف آنها باعث شده که تولید کودهای زیستی و استفاده از منابع جایگزین در مقایسه با مصرف کودهای شیمیایی از منافع اقتصادی و زیست محیطی فراوانی برخوردار باشد. کودهای بیولوژیک علاوه بر صرفه اقتصادی باعث پایداری منابع خاک، حفظ توان تولید در دراز مدت و جلوگیری از آلودگی آبهای سطحی و زیرزمینی می‌گردند (قربانی، ۱۳۸۶). نیاز به جایگزینی مناسب برای کودهای شیمیایی فسفاته زمانی لازم می‌شود که بدانیم استفاده زیاد از کودهای شیمیایی خطرات محیطی و خطراتی برای سلامت انسان به همراه دارد و در عمل بازدهی کودهای شیمیایی فسفاته بین ۱۰- ۲۵ درصد باشد (Isherword,1998).

کاهش pH در خاکهای آهکی و قلیایی با pH بالا یکی از روش‌های مؤثر و رایج برای مقابله با تثبیت عناصرغذایی از جمله فسفر و آهن و روی می‌باشد. گوگرد متداولترین و مقرون به صرفه‌ترین ماده اسیدزا است که با کاهش pH خاک به انحلال عناصر غذایی در محیط اطراف ریشه‌ها منجر می‌شود. افزودن گوگرد به خاک به منظور تامین نیاز گیاه به این عنصر یا اصلاح اراضی و یا بهبود وضعیت تغذیه گیاه از طریق آزاد شدن عناصر غذایی از جمله فسفر، آهن و روی هنگامی نتیجه‌بخش خواهد بود که گوگرد در خاک به میزان قابل توجهی اکسید شود. حضور جمعیت کافی از میکروارگانیسم‌های اکسیدکننده گوگرد در خاک موجبات تشدید اکسیداسیون گوگرد، کاهش pH خاک، افزایش حلالیت عناصر غذایی از جمله فسفر و افزایش رشد گیاه را فراهم می‌آورد (احسانی و همکاران، ۱۳۹۰). گوگرد عنصری برای این که بتواند توسط گیاه جذب شود باید ابتدا توسط میکروارگانیسم‌های خاک به سولفات تبدیل شود و این فرایند در شرایط گرم و مرطوب و در حضور ماده آلی سریعتر انجام می گیرد. گوگرد به چنین راه می‌تواند به خاک وارد گردد. از راههای ورود گوگرد می‌توان به مصرف گوگرد توسط کشاورزان ، وجود کانی‌های گوگرد دار مثل پیریت، استفاده از اوره با پوشش گوگردی و گوگرد افزوده شده در اثر افزودن مواد آلی اشاره کرد. تأثیر مصرف گوگرد در آزاد سازی عناصر غذایی تثبیت شده در خاک منوط به اکسایش آن در خاک و تولید اسید سولفوریک است (خادم و همکاران، ۱۳۹۰).

فراوانی منابع سنگ فسفات در جهان و گرانی تولید کودهای شیمیایی و آلودگی‌های جبران ناپذیر آنها دانشمندان را برآن داشت تا استفاده مستقیم از سنگ فسفات به عنوان منبع جایگزین کودهای شیمیایی در اراضی کشاورزی را مورد توجه قرار دهند (سلیم پور و همکاران، ۱۳۸۴). ذخایرسنگ فسفات دنیا، حدود ۱۲۹۸۰۰۰ میلیون تن برآورد شده است که متوسط فسفر آن حدود ۴/۴ درصد است. منابع سنگ فسفات که درصد فسفر آنها حدود ۱۲ درصد باشد برای تولید کودهای فسفره اقتصادی می‌باشند. استفاده از سنگ فسفات با درصد پایین فسفر برای تولید کودهای فسفاته، موجب افزایش قیمت کودهای فسفاته در طی سالهای آینده خواهد بود. این افزایش قیمت همراه با تقاضای

روزافزون برای کودهای فسفره، سبب شده است تا بررسیهای زیادی در امکان مصرف مستقیم این ماده صورت گیرد (بشارتی و همکاران، ۱۳۸۳). یکی از راههای کاربرد خاک فسفات، کاربرد خاک فسفات همراه با میکروارگانیسم‌ها است. میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات (PSB)[1] و یا سایر میکروارگانیسم‌هایی که به راههای مختلف باعث حل شدن فسفات می‌شوند، می‌توانند به عنوان عوامل مؤثر در بهبود خاک فسفات، در خاک بکار روند. مهمترین میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات از باکتریها، *Pseudomonas* و *Bacillus* و از قارچ‌ها، جنس‌های *Aspergillus* و *Penicillium* می‌باشند (سیلیسپور، ۱۳۸۲). این میکروارگانیسم‌ها از طریق معدنی کردن فسفر آلی و انحلال فسفات‌های رسوب یافته فراهم سازی فسفر برای گیاهان را افزایش می‌دهند. این میکروارگانیسم‌ها گرچه فسفر را در ساختار سلولی خود به خدمت می‌گیرند، ولی بخشی از آن که در محیط آزاد شده است در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. باکتریها در مقایسه با قارچ ها در انحلال فسفات بسیار مؤثرترند و جمعیت بالایی را به خود اختصاص می‌دهند (Khan et al., 2007). از میکروارگانیسم‌های دیگری که می‌توانند برای بهبود حلالیت خاک فسفات در خاک استفاده شوند، میکروارگانیسم‌های اکسیدکننده گوگرد است که طیف وسیعی دارند و شامل انواع هتروتروف، فتولیتوتروف، شیمیولیتوتروف (اجباری، اختیاری و میسکوتروف) می‌باشند. مهمترین باکتریهای شیمیولیتوتروف اکسیدکننده گوگرد در اکثر خاک‌ها از جنس تیوباسیلوس[2] می‌باشند (بشارتی و همکاران، ۱۳۸۳). روش اصلی تغذیه این باکتریها، شیمیولیتوتروفی است و از واکنش اکسایش گوگرد، انرژی لازم برای انجام فعالیتهای حیاتی را کسب می‌کنند. اسید سولفوریک حاصل از اکسایش گوگرد توسط این باکتریها، موجب حلالیت ترکیبات فسفاتی نامحلول می‌شود (Mohammady Aria et al., 2010).

در استفاده از مواد آلی، فسفر معدنی حاصل از تجزیه این ترکیبات به تدریج آزاد و در اختیار گیاه قرار می‌گیرد (Reddy and et al., 1999). مواد آلی و اسیدهای آلی حاصل از تجزیه آن، سطوح کربنات

1- Phosphate Solution Bacteria

1- Thiobacillus

کلسیم را اشغال کرده و از تشکیل رسوب هیدروکسی آپاتیت جلوگیری می‌کند (Inskeep and Silvertooth, 1998). مواد آلی با کلات کردن اکسیدهای آهن و آلومینیوم از جذب فسفر توسط این سطوح جلوگیری کرده و به طور غیر مستقیم با مانع شدن از تشکیل کریستالهای Al_2O_5 روی جذب فسفر تأثیر می‌گذارد. از این جهت تشکیل اکسیدهای آهن و آلومینیوم ممکن است در حضور اسیدهای آلی خاص متوقف شود (Borggard et al., 1990).

هدف از انجام این تحقیق بررسی تاثیر و مقایسه دو نوع باکتری تیوباسیلوس و سودوموناس به همراه گوگرد عنصری، کودسبز بر آزادسازی فسفر از سنگ فسفات در دو نوع خاک که از نظر میزان فسفر با هم اختلاف داشته به صورتی که میزان فسفر خاک در یکی بیشتر از دیگری است، در خاکی که میزان فسفر آن کمتر بوده از خاک فسفات استفاده شد تا تأثیر خاک فسفات در افزایش فسفر در مقایسه با خاک استفاده نشده مشاهده شود.

فصل دوم

مرور منابع