بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده کشاورزی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد کشاورزی اکولوژیک

بررسی تاثیر باکتری‌های حل کننده فسفات (PSB) و اسید هیومیک بر عملکرد و خصوصیات کیفی ذرت علوفه‌ای

نگارنده : حمید شانیان

استاد راهنما

دکتر حمیدرضا اصغری

استاد مشاور

مهندس فرهاد تقی پور

اردیبهشت ۱۳۹۷

شماره: ۴۰/ر

تاریخ: ۱۳۹۷/۳/۸

باسمه‌تعالی

مدیریت تحصیلات تکمیلی

فرم شماره (۳) صورتجلسه نهایی دفاع از پایان نامه دوره کارشناسی ارشد

با نام و یاد خداوند متعال، ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای حمید شانیان با شماره دانشجویی ۹۴۰۹۹۸۴ رشته مهندسی کشاورزی گرایش اکولوژیک (اگرواکولوژیک) تحت عنوان: **بررسی تاثیر باکتری‌های حل کننده فسفات (PSB) و اسید هیومیک بر عملکرد و خصوصیات کیفی ذرت علوفه ای** که در تاریخ ۹۷/۰۲/۲۴ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

قبول (با درجه: خوب) ☑ مردود ☐

نوع تحقیق: نظری ☐ عملی ☑

عضو هیأت داوران	نام ونام خانوادگی	مرتبهٔ علمی	امضاء
۱ـ استادراهنمای اول	حمید رضا اصغری	دانشیار	
۲- استادراهنمای دوم	-	-	
۳- استاد مشاور	فرهاد تقی پور	مربی پژوهش	
۴- نماینده تحصیلات تکمیلی	منو چهر قلی پور	دانشیار	
۵- استاد ممتحن اول	حمید عباس دخت	دانشیار	
۶ـ استاد ممتحن دوم	احمد غلامی	دانشیار	

نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده: محمد رضا عامریان

تاریخ و امضاء و مهر دانشکده:

تبصره: در صورتی که کسی مردود شود حداکثر یکبار دیگر (در مدت مجاز تحصیل) می تواند از پایان نامه خود دفاع نماید (دفاع مجدد نباید زودتر از ۴ ماه برگزار شود).

تقدیم به:

بهترین های بی بدیل زندگیم

پدر و مادرم، همسرم و فرزندانم

تقدیر و تشکر

بسی شایسته است که با درود فراوان خدمت روح بلند پدر و مادر فداکارم و خانواده گرامی، دلسوز و فداکارم که پیوسته جرعه نوش جام تعیلم و تربیت، فضیلت و انسانیت آن‌ها بوده‌ام و همواره چراغ وجودشان روشنگر راه من در سختی‌ها و مشکلات بوده است، از ایشان تقدیر و تشکر می‌نمایم.

از استاد فرهیخته و فرزانه دکتر حمیدرضا اصغری که در مشکلات و گرفتاری‌ها با رویی گشاده مرا یاری نمودند، از استاد گرامی جناب آقای مهندس فرهاد تقی پور به خاطر رهنمودهای علمی و اخلاقی ارزنده شان صمیمانه سپاسگزارم.

از تمامی دوستان، همکلاسی‌های گرامیم که لحظاتی سرشار از صفا و صمیمیت را در کنار خود برایم به یادگار گذاشتند و همیشه اینجانب را مورد لطف و محبت خود قرار داده و به من درس صداقت و مهرورزی آموختند بسیار سپاسگزار می‌باشم.

از تمامی همکاران در مرکز تحقیقات کشاورزی سمنان (شاهرود) و بخش‌های تحقیقاتی و آزمایشگاه خاک و آب سرکار خانم مرجان عرب یار محمدی و آقای حسن حسینی و کارکنان مزرعه که شرایط اجرای پایان نامه و آنالیزهای آزمایشگاهی را برای من فراهم کردند، سپاسگزارم.

حمید شانیان

بهمن ۱۳۹۶

تعهدنامه

اینجانب **حمید شانیان** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته **زراعت گرایش اگرواکولوژی** دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه **بررسی تاثیر باکتری‌های حل کننده فسفات (PSB) و اسید هیومیک بر عملکرد و خصوصیات کیفی ذرت علوفه‌ای** تحت راهنمائی **دکتر حمیدرضا اصغری** متعهد می‌شوم.

- تحقیقات در این پایان‌نامه 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 پایان‌نامه 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 می‌باشد 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 پایان‌نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان‌نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه ، در مواردی که از موجود زنده (یا بافتهای آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است .
- در کلیه مراحل انجام این پایان‌نامه، 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 ۹۷/۲/۱

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج ، کتاب ، برنامه های رایانه ای ، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه صنعتی شاهرود می‌باشد . این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.

استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان‌نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی‌باشد.

چکیده

به منظور بررسی تاثیر باکتری‌های حل کننده فسفات، اسید هیومیک و کود فسفر بر عملکرد و خصوصیات کیفی ذرت علوفه‌ای، آزمایشی در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه آموزشی مرکز تحقیقات کشاورزی سمنان (شاهرود) در شهرستان شاهرود به اجرا درآمد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار انجام شد. فاکتور اول در ۴ سطح ایزوله‌های باکتری‌های حل کننده فسفات خاک که بر اساس توصیه موسسه تحقیقات خاک و آب تهیه و تحت عناوین B0، B1، B2، B3 استفاده گردید. فاکتور دوم در دو سطح مقدار مصرف کود شیمیایی فسفاته سوپر فسفات تریپل (شامل P0: بدون مصرف کود شیمیایی فسفاته، P1: مصرف ۱۰۰ درصد مقدار توصیه بر مبنای آزمون خاک) و فاکتور سوم در دو سطح مقدار مصرف اسید هیومیک شامل C0: بدون مصرف اسید هیومیک و C1: مصرف ۱۰۰ درصد مقدار توصیه شده اسید هیومیک) بود. نتایج این آزمایش نشان داد که قطر ساقه، سطح برگ و عملکرد بیولوژیک با کاربرد باکتری حل کننده فسفات افزایش یافت. هم‌چنین افزایش کود سوپر فسفات تریپل، عملکرد بیولوژیک را ارتقا داد. گیاهانی که اسید هیومیک دریافت کرده بودند، سطح برگ و عملکرد بیولوژیک بالاتری را نشان دادند. در این تحقیق اثرات متقابل تیمارهای کود فسفر و باکتری B3 (*Pseudomonas putid*) بیشترین ارتفاع را نشان داد و اثرات متقابل سه گانه فاکتورهای مورد آزمایش بیشترین وزن تر بلال را نشان داد. میزان فسفر برگ تحت تاثیر باکتری‌های حل کننده فسفات، افزایش یافت.

کلمات کلیدی: اسید هیومیک، باکتری حل کننده فسفات، ذرت، کود فسفر.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول: مقدمه و کلیات	۱
۱-۱- مقدمه	۲
فصل دوم: کلیات	۷
۲-۱- ذرت	۸
۲-۱-۱- ویژگی‌های گیاه‌شناسی	۸
۲-۱-۲- اکولوژی	۹
۲-۱-۲-۱- حرارت	۹
۲-۱-۲-۲- نور	۹
۲-۱-۲-۳- کاشت ذرت	۹
۲-۱-۲-۴- آبیاری ذرت	۱۰
۲-۱-۲-۵- نیاز غذایی ذرت	۱۱
۲-۱-۲-۶- نیازهای کودی ذرت	۱۱
۲-۱-۲-۶-۱- کودهای نیتروژنی	۱۱
۲-۱-۲-۶-۲- کودهای فسفره	۱۲
۲-۱-۲-۶-۳- کودهای پتاسه	۱۲
۲-۲- باکتری‌های حل کننده فسفات	۱۳
۲-۲-۱- کلیات	۱۳
۲-۲-۲- نقش باکتری‌های حل‌کننده فسفات در افزایش عملکرد گیاهان زراعی	۱۵
۲-۳- کود شیمیایی فسفره	۲۱
۲-۳-۱- کلیات	۲۱
۲-۳-۲- فسفر در گیاه	۲۲
۲-۳-۳- فسفر در خاک	۲۳
۲-۳-۴- نقش فسفر در افزایش رشد گیاهان زراعی	۲۵

۲-۴- اسید هیومیک	۲۷
۲-۴-۱-کلیات	۲۷
۲-۴-۲- اهمیت اسید هیومیک	۳۰
۲-۴-۳- خواص اسید هیومیک	۳۱
۲-۴-۴- بررسی اثر اسید هیومیک بر خصوصیات گیاهان زراعی	۳۲
فصل سوم: مواد و روش‌ها	۳۵
۳-۱- زمان و محل اجرای آزمایش	۳۶
۳-۲- موقعیت جغرافیایی و مشخصات آب و هوایی محل اجرای آزمایش	۳۶
۳-۳- خصوصیات خاک محل اجرای آزمایش	۳۶
۳-۴- نوع و قالب طرح آزمایشی	۳۷
۳-۵- آماده سازی زمین و کاشت	۳۸
۳-۶- اعمال تیمارها	۳۸
۳-۷- داشت	۳۹
۳-۸- برداشت	۳۹
۳-۹- نمونه برداری و اندازه گیری صفات	۳۹
۳-۹-۱- وزن خشک بلال و برگ	۳۹
۳-۹-۲- قطر بلال و ساقه	۳۹
۳-۹-۳- سطح برگ	۴۰
۳-۱۰- خصوصیات کیفی علوفه	۴۰
۳-۱۰-۱- پروتئین محصول	۴۰
۳-۱۰-۱-۱- مرحله اول: هضم ماده غذایی	۴۰
۳-۱۰-۱-۲- مرحله دوم: مرحله تقطیر	۴۱
۳-۱۰-۱-۳- مرحله سوم: مرحله تیتراسیون	۴۲
۳-۱۰-۲- فسفر برگ	۴۲
اندازه‌گیری فسفر قابل جذب خاک به روش اولسن	۴۳

۳-۱۱- تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها	۴۵
فصل چهارم: نتایج و بحث	۴۷
۴-۱- وزن خشک ساقه	۴۸
۴-۲- وزن خشک برگ	۴۹
۴-۳- وزن خشک بلال	۵۱
۴-۴- قطر ساقه	۵۲
۴-۵- ارتفاع بوته	۵۳
۴-۶- تعداد بلال	۵۴
۴-۷- قطر بلال	۵۴
۴-۸- سطح برگ	۵۵
۴-۹- فسفر قابل جذب خاک	۵۶
۴-۱۰- فسفر برگ	۵۶
۴-۱۱- عملکرد بیولوژیک	۵۷
۴-۱۲- خصوصیات کیفی علوفه	۵۹
۴-۱۲-۱- درصد پروتئین	۵۹
۴-۱۲-۲- عملکرد پروتئین	۵۹
۴-۱۲-۳- نسبت برگ به ساقه	۵۹
۴-۱۲-۴- نسبت بلال به کل گیاه	۶۰
۴-۱۳- نتیجه گیری	۶۱
۴-۱۴- پیشنهادات	۶۲
پیوست‌ها	۶۳
منابع	۷۴

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۴-۱- تجزیه واریانس وزن خشک ساقه، وزن خشک برگ، وزن تر بلال در بوته و وزن خشک تک بلال تحت تاثیر کاربرد باکتری حل کننده فسفات، کود فسفر و اسید هیومیک در ذرت علوفه‌ای	۶۴
جدول ۴-۲- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه، وزن خشک برگ، وزن تر بلال در بوته و وزن خشک تک بلال تحت تاثیر کاربرد باکتری حل کننده فسفات، کود فسفر و اسید هیومیک در ذرت علوفه‌ای	۶۵
جدول ۴-۳- تجزیه واریانس قطر ساقه، ارتفاع بوته، تعداد بلال و قطر بلال تحت تاثیر کاربرد باکتری حل کننده فسفات، کود فسفر و اسید هیومیک در ذرت علوفه‌ای	۶۶
جدول ۴-۴- مقایسه میانگین قطر ساقه، ارتفاع بوته، تعداد بلال و قطر بلال تحت تاثیر کاربرد باکتری حل کننده فسفات، کود فسفر و اسید هیومیک در ذرت علوفه‌ای	۶۷
جدول ۴-۵- تجزیه واریانس سطح برگ، تعداد کل برگ‌ها و تعداد برگ‌های بالاتر از بلال تحت تاثیر کاربرد باکتری حل کننده فسفات، کود فسفر و اسید هیومیک در ذرت علوفه‌ای	۶۸
جدول ۴-۶- تجزیه واریانس سطح برگ، تعداد کل برگ‌ها و تعداد برگ‌های بالاتر از بلال تحت تاثیر کاربرد باکتری حل کننده فسفات، کود فسفر و اسید هیومیک در ذرت علوفه‌ای	۶۹
جدول ۴-۷- تجزیه واریانس فسفر قابل جذب خاک، فسفر برگ تحت تاثیر کاربرد باکتری حل کننده فسفات، کود فسفر و اسید هیومیک در ذرت علوفه‌ای	۷۰
جدول ۴-۸- تجزیه واریانس فسفر قابل جذب خاک، فسفر برگ تحت تاثیر کاربرد باکتری حل کننده فسفات، کود فسفر و اسید هیومیک در ذرت علوفه‌ای	۷۱

جدول ۴-۹- تجزیه واریانس فسفر برگ،پروتئین کل، نسبت برگ به ساقه و نسبت بلال به کل گیاه تحت تاثیر کاربرد باکتری حل کننده فسفات، کود فسفر و اسید هیومیک در ذرت علوفه‌ای ۷۲

جدول۴-۱۰- مقایسه میانگین فسفر برگ،پروتئین کل، نسبت برگ به ساقه و نسبت بلال به کل گیاه تحت تاثیر کاربرد باکتری حل کننده فسفات، کود فسفر و اسید هیومیک در ذرت علوفه‌ای ۷۳

فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل ۴-۱- مقایسه میانگین وزن خشک بلال ذرت علوفه‌ای تحت تاثیر مصرف باکتری حل کننده فسفات، کود فسفر و اسید هیومیک	۵۱
شکل ۴-۲- مقایسه میانگین ارتفاع بوته ذرت علوفه‌ای تحت تاثیر کود فسفر و باکتری حل کننده فسفات	۵۴
شکل ۴-۳- مقایسه میانگین نسبت بلال به کل گیاه ذرت علوفه‌ای تحت تاثیر باکتری حل کننده فسفات و اسید هیومیک	۶۰

فصل اول

مقدمه و کلیات

۱-۱- مقدمه

نیاز به مصرف پروتئین در کشور هر ساله رو به افزایش است. از طرفی آلودگی‌های زیست محیطی در ارتباط با کشاورزی غیر ارگانیک و اثرات منطقه‌ای بوم نظام‌های کشاورزی نیز روز به روز در حال افزایش می‌باشد. مصرف بی رویه کودهای شیمیائی و اثرات زیست محیطی که بر جای می‌گذارد وضعیت نا بهنجار جاری ما را بوجود آورده است. استفاده غیر اصولی منابع خاک و آب کشور به هر قیمتی به نقطه بحران رسیده است و برای حفظ کشاورزی پایدار برای فرزندان و آیندگان باید تدابیری اندیشید.

در چند دهه اخیر مصرف نهاده‌های شیمیایی در اراضی کشاورزی موجب معضلات زیست محیطی عدیده‌ای از جمله آلودگی منابع آب افت کیفیت محصولات کشاورزی و کاهش میزان حاصل‌خیزی خاک‌ها گردیده است (ضرابی و همکاران، ۱۳۸۹). به همین دلیل، کشاورزی پایدار بر پایه مصرف کودهای زیستی با هدف حذف یا تقلیل چشمگیر در مصرف نهاده‌های شیمیایی، یک راه حل مطلوب جهت غلبه بر این مشکلات به شمار می‌آید. در مورد نقش و اهمیت استفاده از کودهای زیستی می-توان این گونه بیان نمود که این کودها با بهره گیری از عناصر غیر قابل جذب در خاک، علاوه بر حفظ تعادل شیمیایی خاک، سبب حصول عملکرد مطلوب گیاهان زراعی می‌گردند.

محققان بیان نمودند که کودهای زیستی فسفاته حاوی باکتری‌ها و قارچ‌های مفید حل کننده فسفات هستند که معمولا با اسیدی کردن خاک و ترشح آنزیم‌های فسفاتاز باعث رهاسازی یون فسفات از ترکیبات آن می‌گردند که این یون‌ها توسط گیاه قابل جذب می‌باشد (شارما، ۲۰۰۲).

بیشترین اثر محدود کنندگی رشد گیاهان مربوط به دو عنصر ازت و فسفر است. فسفر به عنوان یکی از ۳ عنصر اصلی مورد نیاز گیاه، سبب افزایش عملکرد می‌گردد زیرا با تنظیم هورمون‌های گیاهی نقش مهمی در تقسیم سلولی دارد. از طرف دیگر فسفر نقش مهمی در تولید مواد فتوسنتزی داشته و

سبب تولید انرژی در گیاه می‌شود (ضرابی و همکاران، ۱۳۸۹). فسفر نقشی مفید در توسعه ریشه، رشد رویشی، گلدهی، میوه دهی، رسیدن محصول و افزایش کیفیت گیاه دارد. جذب فسفر هم‌چنین اثر متقابل بر جذب انتقال عناصر کم مصرف همچون روی و آهن دارد. ترکیبات فسفره بر خلاف ترکیبات نیتروژنی تقریبا نامحلول هستند و بنابراین انتشار آن‌ها در خاک بسیار کند است. به همین دلیل استفاده بی رویه کشاورزان از کودهای فسفاته در سال‌های گذشته موجب تجمع ترکیبات آن در خاک شده است. در طی نیم قرن گذشته میزان مصرف کودهای شیمیایی حاوی فسفات، ۴ برابر شده است. در غالب اراضی زراعی تجمع فسفر موجب بروز مشکلاتی در جذب عناصر کم مصرف می‌شود. استفاده از راهکارهای جایگزین طبیعی از جمله باکتری‌ها می‌تواند مفید باشد. جداسازی باکتری‌های حل کننده فسفات و استفاده از آن‌ها به عنوان کود به عنوان راهکاری برای کاهش مصرف کودهای شیمیایی و بنابراین کاهش آلودگی‌های زیست محیطی به شمار می‌رود (روستا، ۱۳۷۵).

ذرت یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی است که اهمیت زیادی در تغذیه انسان، دام، تغذیه و طیور دارد. ذرت به علت موارد مصرف زیاد و کیفیت و ارزش غذایی بالا در سطح وسیعی از جهان کاشت می‌شود و بعد از گندم و برنج سومین گیاه زراعی مهم دنیا است و اهمیت آن هم به علت پر محصولی و هم به علت قابل کشت بودن آن در محدوده وسیعی از جهان می‌باشد (خواجه پور، ۱۳۸۰).

در سال‌های اخیر به منظور کاهش واردات سالیانه ذرت تلاش زیادی برای افزایش سطح زیر کشت آن صورت گرفته و تحقیقات زیادی در زمینه‌های مختلف مرتبط با زراعت ذرت به اجرا گذاشته شده است.

نخستین کود بیولوژیک با نام نیتراژین در امریکا حاوی باکتری‌های ریزوبیوم توسط ناب و هیلتنر در سال ۱۸۹۵ برای فروش عرضه شد (اسدی رحمانی و همکاران، ۱۳۸۴). دانشمندان چینی در سال ۱۹۴۰ باکتری‌های فسفاتی و تثبیت کننده ازت را برای تامین نیاز فسفر و ازت گیاهان جداسازی

نموده و به کار بردند و استفاده وسیع از این باکتری‌ها از سال ۱۹۸۶ در چین آغاز شد (اسدی رحمانی و همکاران، ۱۳۸۴). بهبهانی و نکوئی (۱۳۸۲) تاثیر سه باکتری حل کننده فسفات به نام‌های PS5, PS7, PS13 را که از ریزوسفر گیاه سیب زمینی و چغندر قند در مناطق مختلف ایران جدا شدند را بر عملکرد سیب زمینی مورد مطالعه قرار داده و گزارش نمودند که همه این سویه ها قادر به حل کنندگی فسفات در شرایط آزمایشگاهی در غلظت‌های مختلف نمک، دما و pH بودند. آن‌ها نتیجه گرفتند که بالاترین وزن خشک ساقه و ریشه گیاه سیب زمینی در گلدان‌های هر سه سویه حاصل شده است.

باکتری‌های حل کننده فسفات در محدوده رشد و توسعه ریشه گیاه در خاک تشکیل کلنی داده و با استقرار در ناحیه ریزوسفر به سطح ریشه متصل می‌گردند و علاوه بر این تلقیح بذور با این باکتری‌ها بدلیل توانایی تکثیر در ناحیه اسپرموسفر در واکنش به مواد تراوشی از بذر امکان پذیر بوده و باعث بالا بردن سرعت رشد و نمو گیاه می‌شود. جنس و گونه‌های خاص و محدودی از باکتری‌ها هستند که قابلیت تشکیل کلنی در ناحیه ریزوسفر را داشت (بلوئمبرگ و همکاران، ۲۰۰۱). کارایی این باکتری‌ها در ارتباط با صفاتی نظیر قابلیت تحرک و تولید اندام‌های حرکتی، واکنش شیمیائی به مواد مترشحه از بذر وریشه و توانایی استفاده از آن در ساخت و آزادسازی متابولیت‌ها می‌باشند (لوتنبرگ و همکاران، ۲۰۰۱). درا سپانیا و بلژیک تحقیقات انجام شده در مزارع چغندرقند که منجر به جداسازی ۵۶۰۰ ایزوله از باکتری‌های هوازی موجود در ناحیه ریزوسفر گیاه در مراحل ۲ تا ۱۰برگی گردید.

فیرکتین و همکاران (۲۰۰۴) اظهار داشته اند که باکتری باسیلوس حل کننده فسفر M-13 بین ۵/۵ تا ۷/۵ درصد و در ترکیب با باکتری‌های باسیلوس تثبیت کننده ازت OSU-140 و OSU-142 بین ۷/۷ تا ۱۲/۷ درصد عملکرد شکر و ریشه چغندر قند را در مقایسه با تیمار شاهد افزایش داده است.

گزارش شده است که در درخت سیب گونه‌هایی از باسیلوس‌های حل کننده فسفات با افزایش جذب فسفر و همچنین ازت، پتاسیم و آهن سیب تحریک رشد شده است (بیسواس و همکاران، ۲۰۰۰).

کاربرد کودهای زیستی فسفره علاوه بر حلالیت فسفات های غیر قابل جذب توسط گیاه، کارایی تثبیت زیستی ازت و همچنین قابلیت جذب آهن و روی را به واسطه تولید مواد محرک رشد افزایش داده است.

مدنی و همکاران (۱۳۸۲) ارزیابی کارآیی کود زیستی را طی آزمایش آماری مزرعه‌ای در دو سری در ۴ منطقهٔ اراک، کرج، همدان و تبریز بر گیاه سیب زمینی انجام و نتایج حاصله نشان داد که تیمارهای کود فسفر باکتریایی روی عملکرد سیب زمینی در سطح آماری ۱٪ معنی دار بوده و بیشترین عملکرد با استفاده از کودهای فسفر باکتریایی P5 و بعد از آن P5+P13 (بارور-۲) بوده است.

سیلسپور (۱۳۸۲) اثر بخشی کود میکروبی فسفاته حاوی میکرو ارگانیسم‌های حل کننده فسفات را در زراعت پنبه مورد مطالعه قرار داده و بیان نموده که اختلاف عملکرد وش پنبه در منابع تامین کننده فسفر معنی دار نبوده ولی بازده زراعی کود میکروبی فسفاته در مقایسه با سایر منابع (سوپر فسفات تریپل و فسفات آمونیوم) از مقدار بالاتری برخوردار بود.

قطب شریف و همکاران (۱۳۸۲) ۸۰ نمونه خاک ریزوسفری و غیر ریزوسفری از اراضی تحت کشت گندم، لوبیا، جو، چغندر قند را مورد بررسی قرار داده وبیان داشته اند که ۵۱ درصد از خاکها حاوی پسودوموناس فلورسنت، ۹۱ و۹۴ درصد از خاکها به ترتیب واجد ازتو باکتر و ازوسپریلیم بودند. آنها گزارش دادند که از ۴۱ باکتری سودوموناس فلورسنت ۳۷ نمونه دارای توان حل کنندگی فسفر و ۲۴ نمونه دارای خاصیت تولید هورمون محرک رشد گیاه بودند.

اسیدهای هیومیک سبب بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک می‌گردند. افزایش جذب مواد غذایی و میزان آنزیم‌ها در گیاه و افزایش میکروب‌های مفید خاک از جمله اثرات مفید اسیدهای هیومیک می‌باشد. مواد هیومیکی می‌توانند حلالیت سنگ فسفات را از طریق آزاد نمودن آنیون فسفات و کاتیون کلسیم افزایش دهند، زیرا اسیدیته کل در محلول کاهش یافته و عمل سوخت

و ساز میکروبی را بهبود می‌دهد. به نظر می‌رسد اسید هیومیک می‌تواند ضمن اثرات مستقیم بـر رشـد گیاهان از طریق تامین منبع کربن و انرژی مورد نیاز باکتری‌های حل کننده، اثـر افزاینـده‌ای در رشـد گیاهان داشته باشد.

اسید هیومیک به عنوان یک اسید آلی حاصل از هوموس و سایر منابع طبیعی از طریق اثرات هورمونی و بهبود جذب عناصر غذایی سبب افزایش بیوماس ریشه و اندام هوایی می‌شود. اسید هیومیک فعالیتی شبیه هورمون دارد. از این رو نه تنها سبب افزایش رشد گیاه و جذب مواد مغذی شده بلکه سبب بهبود مقاومت به استرس نیز می‌شود. اسید هیومیک می‌تواند به عنوان تنظیم کننده رشد برای تنظیم سطح هورمون‌ها، بهبود در رشد گیاهان و افزایش تحمل به تنش مورد استفاده قرار گیرد (سرنلا و همکاران، ۲۰۰۲). مواد هیومیک افزوده شده به خاک سبب اثرات سودمندی در ساختار خاک و جمعیت‌های میکروبی آن می‌شود. فرضیه‌های زیادی برای اثرات اسید هیومیک پیشنهاد شده‌اند که برخی از آن‌ها عبارتند از: شکل‌گیری مجتمع بین اسید هیومیک و یون‌های معدنی، تجزیه اسید هیومیک به آنزیم‌ها در گیاهان، اثر مفید بر تنفس، فتوسنتز و هم‌چنین تحریک متابولیسم اسیدهای نوکلئیک و فعالسازی هورمون‌های دیگر می‌شود (تورکمن و همکاران، ۲۰۰۴).

اهداف این تحقیق عبارت‌اند از:

۱- تاثیر باکتری‌های حل کننده فسفات در حلالیت فسفر خاک در شرایط مزرعه

۲- بررسی تاثیر باکتری‌های مختلف حل کننده فسفات بر عملکرد و خصوصیات رویشی گیاه ذرت علوفه‌ای

۳- بررسی تاثیر کاربرد توام باکتری حل کننده فسفات و اسید هیومیک بر خصوصیات رشد و عملکرد کمی و کیفی گیاه ذرت علوفه‌ای.

فصل دوم

کلیات

۲-۱- ذرت

۲-۱-۱- ویژگی‌های گیاه‌شناسی

ذرت با نام علمی (*Zea mays* L.) گیاهی تک لپه و یکساله از خانواده پوآسه (Poaceae) است که دارای تنوع فنوتیپی بسیار زیادی است. ارقامی از ذرت با طول ساقه‌ی ۶۰ سانتی‌متر و ۷ برگ تا ارقامی با ارتفاع ۷ متر و ۴۸ برگ وجود دارد. طول برگ‌ها از ۳۰ تا ۱۵۰ سانتی‌متر و عرض آن‌ها از ۴ تا ۱۵ سانتی‌متر متغیر است (راشد محصل، ۱۳۸۰). ساقه آن مانند سایر غلات بند بند، گره‌دار و میان تهی، ولی معمولاً بدون انشعاب است. فاصله بین گره‌ها در انواع مختلف بین ۶ تا ۲۰ سانتی‌متر تغییر می‌نماید. ساقه‌ها به طور مستقیم یا راست می‌باشد(خدابنده، ۱۳۷۷). برگ‌های ذرت دارای پهنک و غلاف هستند. غلاف به دور ساقه می‌پیچد و دارای لیگول است. ریشه اولیه ذرت که بعد از جوانه زدن تولید می‌شود ۵-۳ عدد است و ریشه‌های بعدی که در عمق ۵-۳ سانتی‌متری از زیر خاک خارج می-شوند از پایین‌ترین گره ساقه ذرت که خارج از خاک هستند، تولید می‌گردند و با تماس مجدد وارد خاک می‌گردند. ذرت گیاهی است یک پایه، اما گل‌های نر در انتهای ساقه و گل‌های ماده که تشکیل دهنده میوه ذرت می‌باشد از محل گره‌های ساقه و در محل اتصال برگ به ساقه به وجود می‌آیند. مادگی از یک محور اصلی قطور تشکیل دهنده که سنبلک‌های آن روی ردیف‌های منظم قرار گرفته-اند. هر سنبلک داری دو گل می‌باشد که فقط گل بالایی بارور شده و تبدیل به دانه می‌شود. مجموع آرایش ماده ذرت توسط غلافی به نام اسپات پوشیده شده که اصطلاحاً پوست بلال نامیده می‌شود. گرده‌افشانی در این گیاه معمولاً غیر مستقیم بوده و به وسیله‌ی باد صورت می‌گیرد. کلاله در روی محورهای باریک و بسیار طویلی قرار دارند که آن را خامه یا کاکل ذرت می‌نامند (خدابنده، ۱۳۷۷).

۲-۱-۲- اکولوژی

۲-۱-۲-۱- حرارت

نیاز حرارتی ذرت در دوره رشد نسبتاً زیاد بوده و کاشت آن در مناطق گرم بهترین محصول را تولید می‌نماید. این گیاه از حدود ۵۰ درجه عرض شمالی تا ۴۲ درجه عرض جنوبی رشد می‌نماید. نیاز حرارتی ذرت در مرحله تولید جوانه بیش از گندم و جو می‌باشد و حداقل درجه حرارت مورد نیاز در این مرحله حدود ۶ درجه سانتی‌گراد است. هرگاه در زمان کاشت، درجه حرارت محیط به ۶ درجه برسد، تولید جوانه از بذر ذرت متوقف می‌گردد. مناسب‌ترین درجه حرارت در طول دوره رشد ذرت حدود ۲۰ تا ۳۰ درجه است. به طور کلی نیاز حرارتی ذرت‌های زودرس که دوره زندگی آن‌ها کوتاه است، نسبت به ذرت‌های دیررس کمتر بوده و بین ۱۵۰۰ تا ۱۸۰۰ درجه روز و در مورد ذرت‌های دیررس و خیلی دیررس حدود۲۲۴۰ تا ۲۳۰۰ درجه روز می‌باشد.

۲-۱-۲-۲- نور

ذرت جزء گیاهان روز کوتاه بوده و کاهش نور در هفته‌های اول پس از سبز شدن طول مراحل رشدی را کوتاه می‌نماید. گیاهک در مراحل اولیه روزانه به ۱۱/۵-۱۰/۵ ساعت روشنایی نیاز دارد که بعدا به ۱۳ ساعت افزایش می‌یابد. البته عکس‌العمل ارقام مختلف ذرت نسبت به طول روشنایی متفاوت است (ایران نژاد و شهبازیان، ۱۳۸۴).

۲-۱-۲-۳- کاشت ذرت

به دلیل گوناگونی زیاد در ارقام ذرت، امکان کشت آن در محدوده‌های گسترده‌ای از شرایط آب و هوایی وجود دارد. ذرت در خاک‌های گوناگونی به عمل می‌آید و قدرت تحمل pH در محدوده ۵ تا ۸ را داراست دمای کمینه برای جوانه‌زنی ذرت ۱۰ درجه سانتی‌گراد است. کاشت زود هنگام ذرت بهاره با هدف استفاده بیشتر از انرژی تابشی، ممکن است نهال بذر را با خطر سرمای اول فصل روبرو کند.

چنانچه در اول فصل، هوا سرد (کمتر از ۱۰ درجه سانتی‌گراد) و مرطوب باشد، رشد اولیه نهال‌های بذر بسیار کند خواهد بود و ممکن است سبز شدن بذرها تا یک ماه به طول انجامد. بر عکس، در خاک‌های گرم و مرطوب، ممکن است بذر ذرت ۴ تا ۵ روز سبز شود (فائو، ۲۰۱۶). عمق کاشت بذر در ذرت زیادتر از گندم است. بذرهای ذرت دانه‌ای در شرایطی که رطوبت فراهم باشد، در عمق ۵ تا ۷/۵ سانتی‌متری سطح خاک و در شرایط کمبود رطوبت و زیاد بودن دمای سطح خاک گاهی تا عمق ۱۰ سانتی‌متری سطح خاک کشت می‌شود (فائو، ۲۰۱۶).

۲-۱-۲-۴- آبیاری ذرت

ذرت گیاهی است یکساله و با رشد خیلی زیاد، ارتفاع ساقه‌های آن نسبتاً زیاد بوده و از طرفی برای رشد و نمو و تولید محصول کافی لازم است در مناطق گرم و معتدل کاشته شود، بدین منظور یکی از مسائل مهم و قابل توجه در مورد ذرت تأمین آب مورد نیاز آن و هم‌چنین مراحل مختلف آبیاری این گیاه است. در مناطقی که طول دوره رشد آن، بارندگی کامل برای تأمین مقدار آبی که این گیاه احتیاج دارد ریزش نداشته باشد، می‌باید مزارع ذرت را به موقع آبیاری نمود. مقدار آب و مراحل آبیاری بسته به شرایط جوی محیط، بافت خاک و مقدار رطوبت موجود در خاک دارد و با در نظر گرفتن درجه حرارت محیط هر ۷ تا ۱۲ روز یکبار باید ذرت را آبیاری نمود. ذرت در دوران رشد خود به آب نسبتاً زیادی نیاز دارد و در مناطقی که میزان بارندگی به ۶۰۰ تا ۷۰۰ میلی‌متر و با پراکندگی زمانی مناسب برسد، بخوبی رشد و نمو می‌نماید. مقدار آب مورد نیاز برای ساختن یک کیلوگرم ماده خشک در ذرت‌های زودرس حدود ۲۵۰ تا ۳۰۰ لیتر و در مورد ذرت‌های دیررس ۳۵۰ تا ۴۰۰ می-باشد. مقدار آب مورد نیاز در دوره رشد نسبت به تغییرات درجه حرارت و مراحل مختلف رشد متفاوت بوده و در زمان تولید گل و گرده افشانی احتیاج آن به آب بیشتر می‌باشد(خدابنده، ۱۳۷۷).

۲-۱-۲-۵- نیاز غذایی ذرت

جذب مواد غذایی توسط گیاه ذرت در مراحل رشدی مختلف انجام می پذیرد. ذرت در مقایسه با غلات پاییزه دارای طول زمان رشدی نسبتا کوتاه و سریع است. لذا نیاز آن به مواد غذایی که مدت کوتاهی در اختیار آن قرار می گیرد، بالا است. این گیاه ۱۵-۱۰ روز قبل و ۳۰-۲۵ روز بعد از ظهور گل نر ۷۵-۷۰ درصد از کل مواد معدنی مورد نیاز را جذب می کند. در هرحال برای رسیدن به حداکثر محصول بایستی نیاز کودی گیاه تامین شود(ایران نژاد و شهبازیان، ۱۳۸۴).

۲-۱-۲-۶- نیازهای کودی ذرت

۲-۱-۲-۶-۱- کودهای نیتروژنی

به طور کلی مقدار مصرف کودهای شیمیایی با توجه به مقدار عناصر موجود در خاک، زودرسی رقم، مقدار آب در اختیار گیاه، شرایط جوی و غیره تغییر می‌نماید (خدابنده، ۱۳۷۷). نیتروژن مهم‌ترین ماده غذایی برای ذرت می‌باشد و کمبود آن سبب کاهش رشد گیاهان شده و برگ‌ها به علت کمبود کلروفیل زرد رنگ می‌شوند. جذب نیتروژن به روند رشد و نمو گیاه ذرت و مقدار بارندگی بستگی دارد. ذرت برای رشد اولیه نیاز مبرمی به نیتروژن دارد. نیاز به نیتروژن با تولید ساقه و برگ‌ها و رشد این بخش‌ها بیشتر می‌گردد به طوری که سه هفته قبل از ظهور گل آذین نر و تا ۴ – ۳ هفته بعد از گلدهی مقدار مورد نیاز نیتروژن به حداکثر می‌رسد. لذا اگر کود به صورت سرک یک ماه پس از سبز شدن به مزرعه داده شود، خیلی مؤثر خواهد بود (کریمی، ۱۳۸۳). در زمان تولید و رسیدن دانه، نیتروژن موجود در ساقه‌ها و برگ‌ها جهت ذخیره شدن به دانه‌ها انتقال می‌یابد و باعث افزایش عملکرد دانه ذرت یا علوفه آن جهت سیلو می‌گردد.

۲-۱-۲-۶-۲- کودهای فسفره

فسفر نیز یکی از عناصری می باشد که گیاه ذرت به آن نیاز فراوانی دارد و حدود ۶۰ تا ۷۰ درصد اسید فسفریک مورد نیاز ذرت از زمان تلقیح تا زمانیست که دانه‌ها به خوبی تشکیل می‌گردند. جذب فسفر در ذرت در تمام طول دوره رشد همگام با ذخیره شدن مواد خشک انجام می‌گیرد. حداکثر شدت جذب در مراحل اولیه رشد می‌باشد. اگر در زمینی که ذرت کاشته می شود عنصر فسفر به اندازه کافی موجود نباشد، گرده افشانی به تعویق افتاده و به طور ناقص صورت می‌گیرد، رشد گیاه و نیز رسیدن میوه ها به تأخیر افتاده و دانه بندی بخصوص در قسمت بالای بلال به خوبی صورت نمی-گیرد.

در اثر کمبود فسفر در ذرت برگ ها نازک می‌شوند و رنگ برگ‌ها سبز تیره و گاهی ارغوانی شده، ساقه‌ها نیز به رنگ ارغوانی در آمده و بوته‌ها کوتاه می‌گردند. گل دادن گیاه کمتر صورت می‌گیرد و بالاخره دانه به وجود نمی‌آید (پورصالح، ۱۳۷۳).

۲-۱-۲-۶-۳- کودهای پتاسه

وجود پتاسیم نیز همانند سایر عناصر برای رشد و نمو ذرت ضروری است. جذب این عنصر زودتر و سریع تر از فسفر و از زمان تولید جوانه شروع شده و تا حدود سه هفته پس از گلدهی ادامه می‌یابد. در صورتی که این عنصر به مقدار کافی در اختیار گیاه ذرت نباشد، رشد گیاه کاهش یافته، رنگ برگ‌ها سبز مایل به زرد شده، حاشیه و نوک برگ‌ها خشک گردیده و در برگ‌ها علائم سوختگی ظاهر می‌شود. در صورتی که کمبود پتاسیم شدید باشد برگ‌ها به شدت آسیب دیده، گیاه کوچک مانده و تنها بخش‌های کوچکی از برگ‌ها به رنگ سبز باقی می‌ماند. هم‌چنین در قسمت انتهای بلال دانه بندی به خوبی صورت نمی‌گیرد. مقاومت گیاه در برابر بیماری‌ها پائین آمده و نشاسته و قند کافی در دانه‌ها به وجود نخواهد آمد در نهایت کیفیت محصول کاهش خواهد یافت (کریمی، ۱۳۸۳).

۲-۲- باکتری‌های حل کننده فسفات

۲-۲-۱- کلیات

میکرو ارگانیسم‌های خاک مخصوصا باکتری‌ها با توان انجام فرآیندهای مختلف بیولوژیک در تمام مراحل تغییر و تحولات مربوط به چرخه عناصر غذایی در خاک دخالت دارند و به این ترتیب رشد گیاه را کاملا تحت تاثیر قرار می‌دهند. فسفر از عناصر ضروری و پرمصرف و محدود کننده ترین عنصر بعد از نیتروژن برای گیاه است. فسفر باعث زودرسی در گیاه، کاهش رطوبت دانه و بهبود کیفیت محصول می‌شود. کمبود فسفر نه تنها بر میزان رشد تأثیر می‌گذارد، بلکه روی تشکیل گل، بذر، میوه، ماندگاری و کیفیت آن نیز مؤثر است. شرکت در واکنش‌های انتقال انرژی، فتوسنتز، تبدیل قند به نشاسته و انتقال خصوصیات ژنتیکی در گیاه از نقش‌های کلیدی فسفر در گیاه است (یحیی و الزوری، ۲۰۱۰).

باکتری‌های تسهیل کننده جذب فسفات قادرند با مکانیسم‌هایی مانند تولید و ترشح اسیدهای آلی بخصوص ۲ - کتواگزالیک، سیتریک، مالیک و سوکسینیک در حلالیت فسفات‌های معدنی کم محلول موثر باشند. به علاوه بسیاری از این باکتری‌ها با تولید آنزیم‌های فسفاتاز آزاد شدن فسفر را از ترکیبات آلی فسفردار موجب می‌شوند. باکتری‌های تسهیل کننده جذب فسفات نه تنها رهاسازی فسفر تولید مواد بیولوژیک دیگر از جمله هورمون‌هایی مثل اکسین و جیبرلیک اسید و همچنین ویتامین‌ها را موجب می‌شوند این مواد با انحلال فسفات همبستگی مثبت دارند (صالح راستین، ۱۳۸۰).

منابع معدنی اقتصادی فسفات در جهان رو به اتمام است و مصرف کودهای شیمیایی فسفاته نیز باعث تخریب ساختار فیزیکی و شیمیایی خاک شده و خسارات جبران ناپذیری به محیط زیست وارد می‌کند. مصرف کودهای زیستی موجب کاهش مصرف کودهای شیمیایی و خسارات ناشی از آن‌ها

شده و منجر به حفظ محیط زیست، حاصل‌خیزی زمین‌های کشاورزی و عملکرد زراعی بیشتر و بهتر گیاهان می‌شود.

باکتری‌ها نسبت به قارچ‌ها در انحلال فسفر مؤثرترند (علم و همکاران، ۲۰۰۲). در بین جوامع میکروبی خاک، باکتری‌های حل کننده فسفات ۱ تا ۵۰ درصد و قارچ‌ها ۰/۱ تا ۰/۵ درصد توانایی انحلال دارند (چن و همکاران، ۲۰۰۶). سویه‌های از جنس *Pseudomonas*، *Bacillus* و *Rhizobium* به عنوان توانمندترین حل کننده‌های فسفر هستند (وایتلو، ۲۰۰۰). تعداد باکتری‌های حل کننده فسفات به شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک، ماده آلی، مقدار فسفر موجود درخاک و فعالیت‌های زراعی بستگی دارد. در شمال ایران، جمعیت باکتری‌های حل کننده فسفات در حدود ۰ تا ۱۰۷ سلول در هر گرم خاک می‌باشد که ۳/۹۸ درصد از جمعیت کل باکتری‌هاست (فلاح، ۲۰۰۶). روابط همزیستی بین باکتری‌های حل کننده فسفات و گیاهان یک رابطه سینرژیستی است. همانگونه که باکتری فسفر محلول را در اختیار گیاه قرار می‌دهد گیاهان هم، ترکیبات کربنه را برای باکتری فراهم می‌کنند که برای رشد باکتری استفاده می‌شود (پرز و همکاران، ۲۰۰۷).

میکروارگانیسم‌های حل کننده فسفات و سایر میکروارگانیسم‌هایی که به طرق مختلف باعث حل شدن فسفات می‌شوند، می‌توانند به عنوان عوامل مؤثر در بهبود تأثیر خاک فسفات، در خاک به کار روند. مکانیسم اثر میکروارگانیسم‌های حل کننده فسفات در انحلال فسفات‌های نامحلول پیچیده است، ولی براساس نظر محققان، این میکروارگانیسم‌ها با اکسیداسیون ناقص قندها، اسیدهای آلی تولید می‌کنند که باعث کاهش pH محیط می‌شود (کیانی راد، ۱۳۷۴). با ترشح ترکیبات قندی در منطقه ریشه، توسط گیاهان میکروارگانیسم‌های حل کننده فسفات فعالیت خود را تشدید کرده و با تولید اسیدهای آلی موجب کاهش pH در محدوده اطراف خود شده و اسید تولید می‌کنند. اسید حاصل طی انجام واکنش با یون کلسیم اثر آن را در غیر فعال کردن فسفر خنثی می‌کند (کیانی راد، ۱۳۷۴). به غیر از تأثیر اسیدهای آلی در انحلال فسفات‌های نامحلول نمی‌توان اثر واکنش آنزیمی به ویژه آنزیم‌های گروه

فسفاتاز تولید شده توسط برخی از این میکروارگانیسم‌ها را از نظر دور داشت. این آنزیم‌ها نقش اصلی را در معدنی شدن فسفر آلی در خاک بازی می‌کنند.

۲-۲-۲- نقش باکتری‌های حل‌کننده فسفات در افزایش عملکرد گیاهان زراعی

امروزه ریزجانداران حل کننده فسفات در سطوح وسیع به عنوان کود زیستی به منظور افزایش تولید و حفظ سلامت خاک استفاده می‌شوند (خان و همکاران، ۲۰۰۷a). توانایی ریزموجودات برای حل کردن فسفر خاک و تبدیل آن به حالت قابل دسترس برای گیاه نشان داد که ریزموجودات ریزوسفری در جذب فسفر توسط گیاه مؤثرند (خاوازی و ملکوتی، ۱۳۸۴). پس از آن دانشمندان تحقیقات زیادی را برای جداسازی ریزموجودات حل‌کننده فسفر و استفاده از آن‌ها برای ساختن مایه تلقیح فسفاته جهت افزایش فسفر قابل دسترس در کشاورزی انجام دادند.

ریزجانداران خاک مثل باکتری‌های حل کننده فسفات در فرآیند تنفس خود با ساخت اسیدهای آلی مانند فرمیک، استیک، پروپیونیک، لاکتیک، گلیکولیک، فوماریک، سوکسینیک و سیتریک و به ویژه اسیدهای لاکتیک و سیتریک به دو طریق یکی از طریق کاهش pH در منطقه ریزوسفر و دیگری از طریق کلاته کردن یون‌های کلسیم در خاک‌های قلیایی، باعث حلالیت کانی‌های فسفات کلسیم و متعاقب آن آزادسازی عناصر میکرو مانند روی، بر، آهن و منگنز می‌شوند که همین امر موجب افزایش جذب و گسترش رشد ریشه و افزایش ضریب تلقیح گل‌ها و پر شدن دانه شده و رشد کمی و کیفی گیاه را تقویت می‌کند که نتیجه آن به صورت افزایش عملکرد نمایان می‌گردد (مهتدی و همکاران، ۱۳۹۴).

آزادسازی فسفر به وسیله باکتری‌های حل کننده فسفات از شکل‌های نامحلول و غیر قابل جذب، یکی از جنبه‌های رهاسازی و قابلیت دسترسی فسفر در خاک‌ها می‌باشد (خان و جورجنسن، ۲۰۰۹).

بسیاری از مطالعات نشان داده‌اند که PSMها[1] فسفر تثبیت شده در خاک را حل کرده و باعث بهبود عملکرد گیاه می‌شوند (گال و همکاران، ۲۰۰۴). میکروارگانیسم‌ها با توانایی حل‌کنندگی فسفات، رشد محصول را از طریق بهبود تثبیت بیولوژیکی نیتروژن نیز افزایش می‌دهند.

میکروارگانیسم‌ها فسفر قابل جذب را از طریق معدنی کردن فسفر و حلالیت فسفات‌های ته‌نشین شده، افزایش می‌دهند. یکی از علت‌های عمده حل‌کنندگی فسفات تولید اسیدهای آلی توسط ریزجانداران می‌باشد. تولید اسیدهای آلی باعث اسیدی شدن سلول میکروبی و محیط اطراف آن می‌شود در نتیجه فسفر در اثر جایگزینی پروتون به جای کلسیم آزاد می‌شود. اسید گلوکونیک یکی از این اسیدها می‌باشد. مکانیزم‌های دیگری که برای حل‌کنندگی فسفر پیشنهاد شده‌اند عبارتند از تولید مواد کلات کننده، تولید اسیدهای معدنی از قبیل اسید سولفوریک، اسید نیتریک و کربنیک به وسیله ریزجانداران می‌باشد (دوبل و مربچ، ۲۰۰۵). باکتری‌های حل‌کننده فسفات ایندول تری استیک اسید تولید می‌کنند. ایندول تری استیک اسید هورمونی است که در شکل‌گیری ریشه، تقسیم سلولی و توسعه سلولی نقش دارد.

مهتدی و همکاران (۱۳۹۴) در تحقیقی به بررسی اثرات کودهای زیستی حاوی باکتری‌های تثبیت کننده غیر همزیست نیتروژن و حل کننده فسفات بر روی صفات کمی و کیفی گندم پرداختند. نتایج نشان داد که اثر تیمارهای مختلف شامل ۱۰۰ درصد کود شیمیایی و کودهای بیولوژیک بر عملکرد و میزان پروتئین دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود.

اکین (۲۰۱۰) عملکرد باکتری‌های حل کننده فسفات بر رشد و عملکرد آفتابگردان در حضور فسفر در شرایط مزرعه را مورد بررسی قرار داد نتایج حاکی از آن بود که باکتریهای حل کننده فسفات باعث افزایش قطر طبق، وزن هزار دانه، نسبت دانه، محتوای روغن، عملکرد دانه و روغن شده است. احتشامی و همکاران (۱۳۸۴) تاثیر کودهای زیستی فسفاته بر خواص کمی و کیفیت ذرت دانه‌ای

۱-Phosphate Solubilizing Microorganisms

(سینگل کراس ۷۰۴) در شرایط کم آبی را مورد بررسی قرار دادند. یافته‌های این تحقیق نشان می‌دهد که ریز جانداران حل کننده فسفات می‌توانند با افزایش رشد و جذب فسفر در ذرت، منجر به افزایش تحمل گیاه به شرایط کم آبی گردد.

پونگوزالی و همکاران (۲۰۰۵) ضمن بررسی ۱۰ سویه سودوموناس با توان حل‌کنندگی فسفات و همچنین تولید ACC د-آمیناز دریافتند که سویه‌ها رشد و زیست توده ریشه را افزایش دادند، اما اثری بر جذب فسفر توسط گیاه نداشتند. آن‌ها نتیجه‌گیری کردند که تحریک رشدی گیاه در اثر عوامل دیگری به جز از حل‌کنندگی فسفر رخداد داده است.

بررسی دیگری در مورد گیاه ذرت حاکی از آن است که باکتری‌های حل کننده فسفات به دلیل اثر سینرژیست بر افزایش رشد و جذب عناصر غذایی به ویژه فسفر، افزایش درصد کلونیزه شدن ریشه و نیز افزایش سطح تماس ریشه با خاک می‌توانند ضمن افزایش تحمل گیاه به شرایط تنش رطوبتی موجبات بهبود عملکرد گیاه را فراهم آوردند (احتشامی و همکاران، ۱۳۸۸).

ضرابی و همکاران (۱۳۸۹) در تحقیقی به بررسی کودهای زیستی روی ذرت پرداختند. نتایج نشان داد که تلقیح بذور با ترکیب کودی باکتری‌های حل کننده فسفر تحت شرایط تنش رطوبتی، منجر به تعدیل شدت تنش رطوبتی، کاهش خسارت وارده به گیاه و افزایش عملکرد و اجزای عملکرد آن خواهد شد.

گال و همکاران (۲۰۰۴) نیز مشاهده کردند استفاده از باکتری حل کننده فسفات باعث افزایش ۱/۵ تا ۲ برابری تعداد گره در نخود شد. مکانیسم ایجاد چنین اثرات مثبتی می‌تواند به علت فراهمی عناصر غذایی توسط این ریزجانداران ترشح مواد محرک رشد و همچنین تغییر در ساختمان ریشه باشد.

قورچیانی و همکاران (۱۳۹۱) به بررسی تاثیر باکتری حل کننده فسفات بر ذرت پرداختند. نتایج بر همکنش آبیاری و ریز موجودات حل کننده فسفات، عملکرد دانه را افزایش داد. اثر ریز موجودات حل کننده فسفات بر تعداد ردیف در بلال معنی‌دار نبود.

محققان گزارش کردند که در تیمارهای تلقیح بذر با باکتری‌های حل کننده فسفات به دلیل قدرت و کارایی بالایی که در جذب عناصر غذایی به ویژه فسفر از خود نشان می‌دهند، باعث تداوم طول عمر برگ در مراحل نمو گیاه و در نتیجه باعث قابلیت انجام فتوسنتز بیشتر می‌شوند که می‌تواند باعث افزایش عملکرد گیاه شود، اما چون مقداری از مواد فتوسنتزی در گیاه در حین رابطه همزیستی مصرف می‌شود، کاهش در بیوماس گیاه مشاهده می‌شود که دور از انتظار نیست (احتشامی و همکاران، ۱۳۹۲). این محققان گزارش کردند که به نظرمی‌رسد وجود تریپتوفان به عنوان یک پیش ماده برای اکسین، تولید اکسین باکتریایی را تحریک می‌کند. هم‌چنین اسیدهای آمینه‌ای مانند آسپاراژین، آلانین و لیزین در ترشحات ریشه‌ای ذرت وجود دارند که می‌توانند فعالیت آنزیم‌هایی مانند تریپتوفان آمینو ترانسفراز را تحریک کنند. به علاوه باکتری‌ها می‌توانند قندهای موجود در ترشحات ریشه‌ای ذرت را به عنوان منبعی برای کربن استفاده کنند. بنابراین، این ترکیبات نه تنها بر رشد گیاه تاثیر دارند، بلکه بر تولید اکسین نیز موثرند و می‌توانند عملکرد گیاه را ارتقا بخشند.

افزایش جذب عناصر غذایی به ویژه فسفر، مهم‌ترین عاملی است که وزن خشک گیاه را در همزیستی با این باکتری‌ها می‌تواند اندازه اندام گیاه میزبان را تحت تاثیر قرار دهد. در ضمن، همزیستی اغلب تسهیم نسبی بیوماس را در درون گیاه تغییر می‌دهد. بنابراین اندازه گیاه و تناسب اندام درون گیاه از قبیل نسبت ساقه به ریشه، برگ، اندام زایشی و غیره می‌تواند دستخوش تغییر به دلیل وجود روابط همزیستی شود، به خصوص زمانی که رطوبت خاک عامل محدود کننده باشد (اوگ، ۲۰۱۰).

راثی‌پور (۱۳۸۱) با بررسی اثر سه فاکتور، میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات (چهار سطح: بدون میکروارگانیسم و سه میکروارگانیسم با پتانسیل انحلال بالا (*Pseudomonas putida*، *Aeromonas hydrophila* و *Pseudomonas fluorescens*)، باکتری *Bradyrhizobium japanicum* (بدون باکتری و با باکتری)، کود فسفر (سه سطح: بدون کود، نصف مقدار کود فسفر توصیه شده برای سویا، کود فسفر توصیه شده برای سویا) روی سویا در گلخانه به این نتیجه رسید که میکروارگانیسم‌های حل‌کننده بر روی وزن خشک، درصد فسفر، پتاسیم، ازت، غلظت آهن و مس بخش هوایی گیاه، تعداد، وزن تر و وزن خشک گره‌های ریشه ($P < ۰/۰۱$) و بر غلظت روی بخش هوایی گیاه ($P < ۰/۰۵$) تأثیر معنی‌داری دارند. مقایسه میانگین اثر میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات در مورد پتاسیم، غلظت مس و روی در بخش هوایی گیاه مشخص کرد که باکتری *Pseudomonas putida* بیشترین تأثیر را بر روی صفات فوق دارد.

بررسی‌های مختلف نشان داده‌اند که استفاده از باکتری‌های حل‌کننده فسفات باعث افزایش ارتقاء شاخص‌های عملکرد محصولاتی چون گندم (شاهارونا و همکاران، ۲۰۰۸)، ذرت (شاهارونا و همکاران، ۲۰۰۶a؛ شاهارونا و همکاران، ۲۰۰۶b)، سیب زمینی (احمد و حسنین، ۲۰۰۸) و بادام زمینی (دی و همکاران، ۲۰۰۴) گردید. در گیاه فلفل قرمز قطر ساقه، طول ریشه، وزن خشک ریشه، وزن خشک اندام هوایی و عملکرد بر اثر تلقیح با *Bacillus* در یک مطالعه مزرعه‌ای افزایش یافته بود (میریک و همکاران، ۲۰۰۸). در گیاه ذرت نیز تلقیح با باکتری‌های *Bacillus megaterium*، *Bacillus subtilis* و *Pseudomonas corrugate* به ترتیب باعث افزایش عملکرد به میزان ۱۲۲، ۱۳۵ و ۱۹۴ درصد شد. روی هم رفته اثرات مفید مایه تلقیح باکتری‌ها مربوط به بقا و کلونیزاسیون آنها و تحریک میکروفلورهای بومی در رایزوسفر می‌باشد (کومار و همکاران، ۲۰۰۷). شارما و همکاران (۲۰۰۷) نیز مشاهده کردند که تلقیح بذور نخود با *Pseudomonas fluorescens* و *Bacillus megaterium* منجر به افزایش جوانه‌زنی بذور و رشد گیاهچه‌ها شد.

نتایج حاصل از مصرف کود زیستی فسفاته در مقایسه با کودهای سوپرفسفات تریپل در ذرت، سویا و گندم مؤید تأثیر رضایت بخش این کود می‌باشد، به طوری که مشخص شده است که کود فسفاته نه تنها بازده جذب کود را بالا می‌برد بلکه باعث افزایش قابل ملاحظه عملکرد نیز می‌شود. با استفاده از باکتری‌های حل‌کننده فسفات و مقادیر مختلف کودهای NPK مشخص گردید که حداکثر عملکرد دانه در تیمار حاوی باکتری‌ها و میزان کود مصرفی ۰: ۵۰: ۳۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (اشرف و همکاران، ۲۰۰۳). نتایج تحقیقی در *Phaseolus mungo* L. با استفاده از تیمارهای مختلف کود فسفر و کودهای زیستی (رایزوبیوم و باسیلوس) نشان داد که اثر متقابل بین میزان کود فسفر و کودهای زیستی معنی‌دار است، همچنین تلقیح با هر دو مایه تلقیح به علاوه کاربرد ۶۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر باعث بالاترین تعداد گره در گیاه و عملکرد بذر شد (تانوار و همکاران، ۲۰۰۲). در گیاه گندم نیز تلقیح PSB به تنهایی و تلقیح مضاعف آن با ریزوبیوم، همراه با کود فسفر عملکرد دانه را نسبت به استفاده از کود فسفر به تنهایی، ۳۰ تا ۴۰ درصد بهبود داد. در حالی که تلقیح مضاعف آنها بدون استفاده از کود فسفر عملکرد دانه را تا ۲۰ درصد افزایش داد (افضل و بنو، ۲۰۰۸).

مهرورز و همکاران (۲۰۰۸) نیز مشاهده کردند استفاده از باکتری *Pseudomonas putida* (S41) در گیاه جو باعث کاهش وزن هزار دانه شد که با شاهد اختلاف معنی‌داری داشت.

مشخص شده است که باکتری‌های حل کننده فسفات با تولید یون H^+ و انواع اسیدهای آلی به ویژه اسیدهای کتوگلوکونیک، سیتریک، اگزالیک، مالیک و غیره می‌توانند در آزاد کردن عناصر غذایی از ترکیب‌های معدنی نامحلول موثر باشند. هم‌چنین، بسیاری از این باکتری‌ها می‌توانند آنزیم‌های فسفاتاز (اسیدی و قلیایی) را ترشح کنند که با معدنی کردن ترکیب‌های آلی، یون‌های قابل جذب برای گیاه را فراهم می‌کنند، اما شواهد حاکی از آن است که به دلیل وجود باکتری‌های حل کننده فسفات شرایط مناسب‌تری برای تامین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه وجود دارد و این عامل در درصد بازده زراعی باکتری‌های مورد استفاده می‌تواند موثر باشد. هم‌چنین باکتری‌های حل کننده فسفات

فعالیت چشمگیری داشتند و نسبت به تیمار شاهد و کود شیمیایی تلاش بیشتری برای جذب رطوبت و عناصر غذایی از خود نشان داده‌اند تا از این طریق بتوانند از کاهش عملکرد گیاه بکاهند (وینبرگ و همکاران، ۲۰۰۷).

۲-۳- کود شیمیایی فسفره

۲-۳-۱- کلیات

فسفر بعد از نیتروژن مهمترین عنصر مورد نیاز گیاهان و ریزجانداران می‌باشد و در کلیه فرآیندهای بیوشیمیایی، ترکیبات انرژی‌زا و ساخت و کارهای انتقال انرژی دخالت دارد، افزون بر آن فسفر جزئی از پروتئین سلول بوده و به عنوان بخشی از پروتئین هسته، غشاء و اسیدهای نوکلئیک نقشی ویژه دارد (ملکوتی و همایی، ۱۳۷۳). فسفر مورد نیاز گیاهان عموماً از طریق استفاده از کودهای شیمیایی تأمین می‌شود، ولی مقدار زیادی از فسفر موجود در کودهای شیمیایی بعد از ورود به خاک نامحلول شده و به وسیله واکنش با AL^{3+} و Fe^{3+} در خاک‌های اسیدی و Ca^{2+} در خاک‌های آهکی یا خنثی رسوب می‌کند (جاینشوار و همکاران، ۲۰۰۲). 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 (وگر و همکاران، ۲۰۰۴).

غالباً درصد فسفر کودهای شیمیائی را بصورت درصد اکسید فسفر ذکر می‌نمایند. اسید فسفریک که از تجزیه مواد آلی خاک حاصل می شود قابل جذب گیاه است، اما بصورت کود شیمیائی مصرف نمی-شود. قسمت اعظم کود فسفره‌ای که به خاک داده می‌شود، بوسیله کلسیم در خاک‌های قلیائی و بوسیله آهن و آلومینیم در خاک‌های اسیدی تثبیت می‌گردد. معمولاً تا کود فسفره‌ای که به خاک داده می‌شود در سال اول بصورت قابل جذب گیاه باقی می‌ماند و بخش کمی نیز طی سال‌های آینده

قابل جذب گیاه می‌گردد. میزان‌های فوق الذکر با روش کوددهی، بافت و ترکیب خاک، سوابق مصرف کود فسفره در خاک و مقدار کود فسفری که مصرف می‌شود بستگی دارد. چون میزان محلول بودن و حرکت کود فسفره در خاک بسیار محدود است می بایستی کودهای فسفره را قبل از کاشت به خاک داد و آنها را مستقیماً در ناحیه توسعه ریشه قرار داد. حداکثر میزان محلول فسفر در pH، ۶ تا ۶/۵ مشاهده می شود. بنابراین رساندن pH خاک به این حدود می‌تواند در افزایش محلول بودن و جذب فسفر موثر باشد. تغییر pH خاک در خاک‌های اسیدی با اضافه کردن آهک و در خاک‌های قلیائی با اضافه کردن گوگرد یا کودهای اسیدی انجام پذیر است. مصرف مقدار زیادی کود حیوانی نیز می‌تواند در نقصان pH خاک مفید باشد. میزان محلول بودن کودهای فسفره نیز متغیر است (هاو و همکاران، ۲۰۰۲).

۲-۳-۲- فسفر در گیاه

فسفر یکی از اجزای ضروری متابولیسم انرژی، بخشی از اسیدهای نوکلئیک و غشاهای زیستی می‌باشد. فرآیندهای اصلی بیوشیمیایی از قبیل فتوسنتز و تنفس به وسیله فسفات معدنی (pi) یا مشتقات آلی آن فعال می‌شود. علت توانایی ترکیبات آلی حاوی فسفر در انتقال انرژی این است که فسفر در بسیاری از پیوندهای شیمیایی می‌تواند در نتیجه هیدرولیز شکسته و تولید انرژی فراوان نماید. استرهای فسفات در کل به عنوان حامل‌های انرژی در مسیرهای متابولیکی مختلف عمل می‌کنند. فسفولیپیدها نقش مهمی در ساختار و کارکرد غشاها بر عهده دارند. به علاوه، فسفریله شدن و دفسفریله شدن پروتئین‌ها برای مسیرهای انتقال پیام در گیاهان ضروری می‌باشد. فسفر در تشکیل بذر نقش اساسی داشته و به مقدار زیاد در بذر میوه یافت می‌شود (باگیاکو و همکاران، ۲۰۰۰).

تفاوت فاحشی بین غلظت فسفر درون سلول‌های گیاهی (در حد میلی مولار) و محلول خاک (در حد میکرو مولار) وجود دارد. سطوح بسیار پایین فسفر قابل استفاده در ریزوسفر باعث می‌شود که این

عنصر به عنوان یکی از اصلی‌ترین عوامل محدود کننده رشد در بسیاری از زیست بوم‌ها شناخته شود. شاید فسفر به عنوان یکی از عناصر غذایی با حداقل فراهمی در خاک مطرح باشد، غلظت فسفر قابل استفاده (pi) در خاک به ندرت متجاوز از ۱۰ میکرو مولار است. تثبیت معدنی و تشکیل کمپلکس‌های آلی فسفات غیر قابل جذب در خاک و تثبیت فیزیکی آن توسط دانه‌های رس، دلایل اولیه برای فراهمی کم این عنصر به شمار می‌رود (وگر و همکاران، ۲۰۰۴).

۲-۳-۳- فسفر در خاک

فسفر یکی از عناصر غذایی پرمصرف ضروری و اصلی برای رشد و نمو موجودات زنده است و مقدار آن در خاک ۴۰۰ تا ۱۲۰۰ میلی گرم در کیلوگرم، برآورد می‌شود. در مقایسه با سایر عناصر غذایی، فسفر در بیشتر خاک‌ها تحرک و فراهمی کمی دارد، گر چه فسفر در خاک‌ها به دو شکل آلی و معدنی به مقدار فراوان یافت می‌شود (ترک و تاواها، ۲۰۰۲).

فسفر آلی درون محلول خاک بیشتر از فسفر معدنی است ولیکن جذب مستقیم آن به وسیله گیاهان غیر ممکن می‌باشد.

غلظت فسفر محلول در خاک، معمولا خیلی پایین است، در سطح ۱ میلی گرم در کیلوگرم یا کمتر می‌باشد. سلول ممکن است چندین شکل فسفر را جذب نماید ولی غالب‌ترین شکل جذبی آن $H_2PO_4^-$ یا HPO_4^- می‌باشد که مقدار نسبی هر یک به pH محلول خاک بستگی دارد. در pH حدود ۶ بیش از ۹۰ درصد از فسفر محلول به صورت یون $H_2PO_4^-$ می‌باشد ولی با افزایش pH از میزان آن کاسته می‌شود به طوری که در pH بین ۸ تا ۱۰ گونه HPO_4^- غالب خواهد بود. بزرگترین منابع فسفر صخره‌ها و دیگر رسوبات از قبیل آپاتیت‌های اولیه و دیگر اشکال معدنی اولیه حاصل شده از دوران‌های زمین شناسی است. اشکال معدنی فسفر در خاک به شکل کانی‌های اولیه از قبیل آپاتیت، هیدروکسی آپاتیت یا اکسی آپاتیت یافت می‌شود و به صورت صخره‌های لایه‌ای هستند که ویژگی

اصلی آن‌ها نامحلول بودن آن‌ها است. به رغم این موضوع، منابع فوق بزرگترین منبع این عنصر در خاک به شمار می‌روند و تحت شرایط مناسب می‌توانند به شکل محلول درآیند و برای گیاهان و ریز سازواره‌ها قابل استفاده گردند. در خاک‌های اسیدی، فسفات معدنی همراه با اکسیدهای آبدار آهن، آلومینیوم و منگنز یافت می‌شود که درجه انحلال و قابلیت جذب آن ضعیف می‌باشد (وینبرگ و همکاران، ۲۰۰۷).

پدیده تثبیت و رسوب فسفر در خاک معمولا به نوع خاک و pH آن بستگی دارد. بنابراین در خاک-های اسیدی، فسفر به وسیله اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن و آلومینیوم تثبیت می‌شود در حالی که در خاک‌های قلیایی این کار به وسیله کلسیم انجام می‌گیرد و باعث کاهش راندمان کودهای فسفر در خاک می‌گردد.

دومین جزء مهم فسفر در خاک فسفر آلی است. اشکال آلی فسفر ممکن است ۳۰ تا ۵۰ درصد کل فسفر را در اغلب خاک‌ها به خود اختصاص دهد، گر چه که ممکن است از ۵ درصد تا ۹۵ درصد در نوسان باشد. فسفر آلی در خاک بیشتر به شکل فیتات (اینوزیتول فسفات) می‌باشد. فیتات به وسیله ریز سازواره‌ها و گیاهان ساخته می‌شود و پایدارترین شکل فسفر آلی در خاک است به طوری که تا بیش از ۵۰ درصد فسفر آلی را تشکیل می‌دهد. دیگر ترکیبات فسفر آلی در خاک به شکل فسفومونواسترها، فسفودی استرها (فسفولیپیدها و اسیدهای نوکلئیک) و فسفوتری استرها هستند.

از کل فسفر آلی در خاک تقریبا ۱ درصد به اسیدهای نوکلئیک یا مستقات آن‌ها اختصاص دارد. مطالعات مختلف نشان داده است که تنها تقریبا ۱ تا ۵ میلی گرم در کیلوگرم فسفر موجود در خاک از نوع فسفر به کار رفته در ساختار فسفولیپیدها است، گر چه این رقم تا ۳۴ میلی گرم در کیلوگرم هم گزارش شده است (باگیاکو و همکاران، ۲۰۰۰).

۲-۳-۴- نقش فسفر در افزایش رشد گیاهان زراعی

فسفر نقش اساسی در تغذیه همه گیاهان دارد و در بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در موجودات زنده شرکت دارد (وانس و همکاران، ۲۰۰۳)، جزئی از ساختمان فسفولیپیدهاست و مهمترین نقش آن، شرکت در فرآیند تولید و انتقال انرژی است. گیاهان زراعی در سال بین ۱۰ تا ۳۰ کیلوگرم در هکتار فسفر جذب می‌کنند شواهدی در دست است که فسفر محلول خاک باید دائماً جایگزین شود و اگر مقدار کمی فسفر به صورت پایدار در اختیار گیاهان باشد به خوبی می‌توانند رشد کنند (لطف الهی و همکاران، ۱۳۸۳).

در بعضی موارد حتی اهمیت فسفر از نیتروژن نیز بیشتر است، زیرا بعضی از میکروارگانیسم‌ها می‌توانند نیتروژن اتمسفر را برای گیاهان فراهم کنند ولی برخلاف نیتروژن، منابع اتمسفری برای فسفر وجود ندارد تا آن را در اختیار گیاهان قرار دهد. اثرات کمبود فسفر سریع قابل تشخیص نیست، بر این اساس مقدار ناکافی فسفر باعث کاهش کمی و کیفی محصول می‌شود. خاک‌هایی که به اندازه کافی فسفر قابل استفاده نداشته باشند، وضعیت گیاهان را در خطر قرار می‌دهند.

تأمین فسفر مورد نیاز گیاهان عموماً از طریق استفاده از کودهای شیمیایی انجام می‌شود با این وجود پس از پخش کودهای حاوی ترکیبات فسفر در خاک، به سرعت به شکل کم محلول یا نامحلول درمی‌آیند و فقط ۱۵ تا ۲۰ درصد از کود مصرفی به صورت قابل جذب گیاهان درمی‌آیند (علیزاده اسکوئی، ۱۳۸۰).

در دسترس بودن یون فسفات، باعث مقاومت گیاه در برابر ورس، زودرسی محصول، کیفیت بالاتر، افزایش سرعت نمو گیاهی از سبز شدن تا آغازش گلدهی و گرده‌افشانی شده، در نتیجه عملکرد افزایش می‌یابد (ترک و تاواها، ۲۰۰۲).

در آزمایش انجام شده توسط باگیاکو و همکاران (۲۰۰۰) مشخص گردید که با افـزایش غلظـت فسـفر در خاک مقدار آن در بافت گیاه افزایش پیدا کرد. همچنین در بررسی رفیعی و همکاران (۱۳۸۳) روی گیاه ذرت افزایش کود فسفر (۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفات آمونیم) بر افزایش فسفر دانـه تـأثیر معنی‌داری داشت.

کود فسفر به عنوان عامل مناسب و نهادهٔ موثر در رشد، باعث بهبود عملکرد دانه در ذرت شده به نحوی که اثر این کود بر افزایش رشد رویشی گیاه تأثیر دارد .این کود ها در ابتدای رشد به علـت زود جـذب بودن فسفر باعث افزایش رشد رویشی شده به طوریکه فسفر مؤثر خود را در اختیار گیاه قرار داده است و رشد رویشی مطلوب را برای گیاه فراهم می آورد گزارش های موجود در مورد ذرت گویای این اسـت که افزایش کود فسفره ارتفاع بوته و قطر ساقه را افزایش داده و عموماً مصرف کود فسفر باعث افـزایش عملکرد طبق و وزن صد دانه شده است (مورترد و همکاران، ۲۰۰۶).

به منظور مطالعه تأثیر کود سوپرفسفات تریپل بر عملکرد دانه و صفات مورفولوژیک ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ آزمایشی اجرا شد. نتایج به دست آمده از بررسی تقسیط کود سوپر فسفات در مراحل مختلف رشد ذرت اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه، ارتفاع گیاه، عملکرد بیولوژیک و وزن صددانه ذرت در سطح ۱٪ نشان داد. همچنین نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تیمارکودی ۹۰ کیلوگرم در هکتار به همراه کاشت و ۹۰ کیلوگرم در هکتار در ارتفاع ۱۵ سانتی‌متری گیاه از نظر عملکرد دانه، ارتفاع گیاه، عملکرد بیولوژیک و وزن صد دانه مناسب ترین تیمار شناخته شد (کاظمی و همکاران، ۱۳۹۱).

۲-۴- اسید هیومیک

۲-۴-۱-کلیات

استفاده از انواع کودهای طبیعی و از جمله اسید هیومیک بدون اثرات مخرب زیست محیطی جهت بالا بردن عملکرد مفید می‌باشد، به طوری که مقادیر بسیار کم اسیدهای آلی به دلیل وجود ترکیبات هورمونی اثرات مفیدی در افزایش تولید و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی دارند.

تحقیقات نشان داده است که هر گونه افزایش رشد ریشه در دسترسی بهتر عناصر غذایی خاک و بالا بردن حاصلخیزی و باروری خاک موثر خواهد بود. به طور کلی کاربرد اسید هیومیک می‌تواند سبب کاهش مصرف کودهای شیمیایی و باعث کاهش آلودگی محیط زیست شود و چنین گفت که استفاده از اسید هیومیک علاوه بر افزایش در عملکرد ذرت، می‌تواند نقش به سزایی را در جهت نیل به اهداف کشاورزی پایدار ایفا کند (تان، ۲۰۰۳).

حاصلخیزی به کیفیتی از خاک گفته می شود که خاک قادر به عرضه مواد غذایی به مقدار کافی و به نسبت مناسب برای رشد و نمو طبیعی گیاه باشد. خاک حاصلخیز، خاکی است که از نظر بافت، ساختمان، ظرفیت تبادل کاتیونی، pH، EC، عمق و غیره مناسب باشد و زمانی این شرایط حاکم خواهد بود که خاک دارای مواد آلی باشد (ملکوتی و نفیسی، ۱۳۸۳).

مواد آلی عامل اصلی بارورسازی خاک می‌باشند، بر اساس آزمایشات صورت گرفته، میزان ایده آل ماده آلی خاک‌های کشاورزی حدود ۴ تا ۶ درصد است که در سرزمین‌های خشک وکویری همچون ایران، این میزان بسیار کم می‌باشد. بر همین اساس در ایران بجز نواحی ساحلی خزر میزان ماده آلی خاک زیر یک درصد و در بسیاری از نقاط حتی زیر یک درصد است. نکته حائز اهمیت اینجاست که مواد هوموسی ۸۰ درصد ماده آلی خاک را تشکیل می‌دهند لذا توانایی قابل توجه کودهای هیومیکی در ارتقاء سریع سطح بارورسازی خاک کاملا قابل تشخیص است (جیحونی، ۱۳۸۹).

مواد آلی سطح خاک قبل از تجزیه بیولوژیکی به هوموس خام[1] موسوم است، ولی در اثر فعالیت میکروارگانیسم های خاکزی تغییر ماهیت داده و به هوموس تبدیل می شود. هوموس از مواد آلی مختلفی مرکب است و معیاری از حاصلخیزی خاک است زیرا اولا نیتروژن مورد نیاز گیاه را تامین می‌کند، ثانیا با بهبود ساختمان خاک، باعث جریان بهتر آب و هوا در خاک می گردد. خاک بدون هوموس یا ماده آلی، محیط زنده ای محسوب نمی شود. ترکیبات هوموس دارای وزن مولکولی زیاد است و از نظر شیمیایی دارای ساختمان حلقوی آروماتیک و یا آلیفاتیک است. کلوئیدی بودن ذرات و شکل پذیری کم و چسبندگی زیاد هوموس از مزایای عمده ساختار خاک هستند. به علت حضور گروه های فعال اسیدی ضعیف، هوموس قادر است که اسیدیته خاک را در محدوده تغییرات وسیع اسیدیته تثبیت کند. هوموس مقدار زیادی آب جذب می کند. یک هوموس کاملا سنتز شده خاک می تواند ۸۰ تا ۹۰ درصد وزن خود آب جذب کند. ۶۰٪ هوموس خاک از دو پلیمری به نامهای اسید هیومیک و اسید فولویک تشکیل شده است (تان، ۲۰۰۳).

مواد هیومیکی نام خود را از هوموس گرفته‌اند. از آنجا که این ماده pH اسیدی ضعیف (۳/۸ تا ۵) دارد و مشتق از هوموس می‌باشد به نام اسید هیومیک هم شناخته می‌شود. اما حقیقتا هیچ شباهتی به اسیدهای شناخته شده چه معدنی و چه آلی ندارد. مواد هیومیکی در واقع طیف وسیعی از ترکیبات آلی– معدنی گوناگون نظیر اسیدهای آمینه، پپتیدها، فنول‌ها، آلدئیدها و اسیدهای نوکلئیک در پیوند با انواع کاتیون‌ها می‌باشند که مجموعاً ترکیب بسیار پیچیده و شگفت انگیزی را ساخته‌اند که می‌تواند میلیون‌ها سال در طبیعت دوام بیاورد و اعمال بسیار شگرفی را انجام دهد که قابل قیاس با هیچ ترکیب دیگری نیست (داعی، ۱۳۸۹). در همه خاک‌های کشاورزی اسید هیومیک به طور طبیعی وجود دارد و درواقع ۸۰ درصد مواد ارگانیک خاک را تشکیل می‌دهد. میزان ایده‌ال مواد آلی در خاک-های کشاورزی بین ۴ تا ۶ درصد است. در خاک‌های کشاورزی اروپا این میزان بین ۲ تا ۴ درصد و در

[1] *Raw Humus*

بعضی از نقاط اروپای شرقی نظیر اوکراین به ۶ درصد می‌رسد. اما در سرزمین‌های خشک و کویری ماده آلی خاک و به تبع آن اسید هیومیک بسیار ناچیز می‌باشد (داعی، ۱۳۸۹).

در هر کجای کره زمین که خاک و آب باشد مواد آلی و اسید هیومیک نیز وجود دارند. اسید هیومیک محصول سنتز میکروبی است که در سطح کره زمین گسترش یافته است. مواد آلی، کمپوست، هوموس، اسید هیومیک و اسید فولویک همگی قسمتی از مواد گیاهی پوسیده شده می‌باشند. این نوع مواد آلی یکی از ترکیبات کلیدی خاک‌ها و رسوبات می‌باشند و در قسمت سطحی کره زمین گسترش زیادی دارند. بیشتر مواد هیومیک خاک با ترکیبات غیر آلی (رس و اکسیدها) پیوند ایجاد می‌شود (تان، ۲۰۰۳).

اسید هیومیک مخلوطی ناهمگن از برخی ترکیب‌ها با ویژگی‌های به طور کلی مشابه است و از منبع-های مختلفی نظیر خاک، هوموس، پیت، لیگنیت اکسید شده و زغال سنگ استخراج می‌شود (سباهاتین و نکدت، ۲۰۰۵). ساختمان مولکولی اسید هیومیک از زنجیره‌های کربن تشکیل یافته که دارای مقادیر زیادی حلقه‌های آروماتیک است که مستقیما و یا از طریق پل‌های اکسیژن و نیتروژن به یکدیگر متصل شده‌اند. گروه‌های اتر، استر، کتو، آمین، آمید و در محل اتصال ذرات هیدروکربن قرار دارند و سبب می‌گردند که قسمتی از مولکول هیدروفیلیک شود ولی قسمتی از مولکول که فقط دارای کربن و هیدروژن است دارای خاصیت هیدروفوبیک (آب‌گریز) پیدا می‌کنند. ساختمان مواد هیومیک بر اساس pH و نوع فلزات موجود در محیط تغییر می‌کند. در pH بالا زنجیره کربن آن از هم باز می-شود و در pH کم زنجیره آن جمع می‌گردد. مواد هیومیک فلزات سمی را به صورت نامحلول در آورده و از محیط خارج می‌نمایند (دی، ۲۰۰۰).

۲-۴-۲- اهمیت اسید هیومیک

با توجه به ملاحظات زیست محیطی، اخیرا استفاده از انواع اسیدهای آلی برای بهبود کمی و کیفی محصولات زراعی و باغی رواج فراوان یافته است. مقادیر بسیار کم از اسیدهای آلی اثرات قابل ملاحظه‌ای در بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک خاک داشته و به دلیل وجود ترکیبات هورمونی اثرات مفیدی در افزایش تولید و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی دارند (سبزواری و همکاران، ۱۳۸۸). مواد هوموسی به عنوان مهم‌ترین بخش مواد آلی نقش اساسی در کیفیت خاک داشته و به طور مستقیم روی رهاسازی عناصر غذایی، ظرفیت تبادل کاتیونی، ظرفیت بافری فسفر و ابقاء مولکول‌های آلی فلزی و سمی نقش مهمی دارند. تا مدت‌ها تصور می‌شد که اثرات تحریک کنندگی مواد هوموسی شبیه به هورمون‌های اکسین، سیتوکنین و اسید آبسیزیک است ولی بعداً مشخص شد که اثرات مواد هوموسی در ارتباط مستقیم با افزایش جذب عناصر غذایی ماکرو مثل نیتروژن، فسفر، پتاسیم و عناصر غذایی میکرو مثل مس، روی، آهن، منگنز، روی و آهن می‌باشد. مواد هوموسی جذب کانی‌ها را از طریق تحریک و افزودن فعالیت میکروبیولوژی زیاد می‌کند (فرقانی و جوانمرد، ۱۳۸۴).

اسید هیومیک با کلات کردن عناصر ضروری سبب افزایش جذب عناصر شده و باروری خاک و تولید در گیاهان را افزایش می‌دهد (سبزواری و همکاران، ۱۳۸۸). به علاوه نفوذ پذیری غشاهای گیاهی و جذب ریز مغذی ها را افزایش می‌دهد. هم‌چنین جذب نیتروژن خاک را افزایش داده و موجب تحرک بیشتر عناصر پتاسیم، کلسیم و منیزیم شده و دسترسی آن‌ها را برای سیستم رشد گیاه آسان‌تر می‌سازد و جذب این عناصر را بیشتر می‌کند (یلوکان، ۲۰۰۸). در خصوص نحوه اثر اسید هیومیک گزارش‌های متعددی وجود دارد اما می‌توان اثر آن را به دو دسته تقسیم کرد: اثر مستقیم به عنوان یک ترکیب شبه هورمونی (زانگ و اروین، ۲۰۰۳) و اثر غیر مستقیم به صورت افزایش جذب عناصر غذایی از راه ویژگی کلات کنندگی، احیاکنندگی و حفظ نفوذ پذیری غشاء (شریفی، ۲۰۰۲)

افزایش متابولیسم ریز جانداران، بهبود وضعیت خاک و افزایش رشد ریشه و ساقه (آتیه و همکاران، ۲۰۰۲).

مشاهدات نشان می‌دهند که اثرات اسید هیومیک روی خاک و گیاه از بقیه نمونه‌های غیر آلی ماندگارتر است. گزارش شده است غلظت‌های کم اسید هیومیک طول ریشه، رشد گیاه، جذب رطوبت و مواد مغذی را به صورت قابل توجهی افزایش می‌دهد. اما مقادیر مواد مغذی بیشتر در خاک خواص مواد هیومیک را در بهبود رشد به تأخیر می‌اندازند (یلوکان، ۲۰۰۸). توسعه بیشتر ریشه گندم به ویژه در ابتدای فصل رشد از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. اسید هیومیک به عنوان یک اسید آلی حاصل از هوموس و سایر منابع طبیعی از طریق اثرات هورمونی و بهبود جذب عناصر غذایی، سبب افزایش زیست توده ریشه و اندام هوایی می‌شود (سبزواری و همکاران، ۱۳۸۸).

۲-۴-۳- خواص اسید هیومیک

در خصوص نحوه اثر اسید هومیک گزارش‌های متعددی وجود دارد اما می توان اثر آن را به دو دسته تقسیم کرد : اثر مستقیم به عنوان یک ترکیب شبه هورمونی و اثر غیر مستقیم به صورت افزایش جذب عناصر غذایی از راه ویژگی کلات کنندگی و احیا کنندگی و حفظ نفوذ پذیری غشاء ، افزایش متابولیسم ریزجانداران، بهبود وضعیت فیزیکی خاک و افزایش رشد ریشه و ساقه. معمولا از اسید هومیک به میزان کم استفاده می شود (سباهاتین و نکدت، ۲۰۰۵).

۱. ساختار خاک را سبک و به ریشه زایی بهترکمک می‌کند.
۲. باعث نگهداری بیشتر آب در خاک می‌شود.
۳. مقاومت به شوری، کم آبی و سرما را افزایش می‌دهد.
۴. از سمیت کودها و عناصر اضافی موجود در خاک می‌کاهد.
۵. سرعت جوانه زنی بذر را افزایش می‌دهد.
۶. به بهبود کیفیت محصول کمک می‌کند.

۷. pH اسیدی این محصول به اصلاح خاک‌های قلیایی کمک می‌کند.

۸. با کمک به رشد سریع باکتری‌های مفید در خاک، به انحلال و آزادسازی عناصر ماکرو و میکرو کمک کرده و در نتیجه نیاز به کودهای شیمیایی را به نحو محسوسی کاهش می‌دهد.

۹. با طبیعت سازگار است و خطری برای گیاه و یا محیط زیست نداشته و برعکس به حفظ توازن خاک کمک می‌کند.

۱۰. مقاومت گیاه را در مقابل انواع بیماری‌ها افزایش داده و نیاز به مصرف سموم را به نحو محسوسی کاهش می‌دهد.

اما مهم‌ترین خاصیت اسید هیومیک این است که از یک طرف به انحلال و آزادسازی عناصر تثبیت شده بخصوص در خاک‌های قلیایی کمک می کند و از طرف دیگر همانند یک مخزن عناصر اضافی موجود در محیط را در خود ذخیره نموده، به موقع در اختیار ریشه می‌گذارد و بدین ترتیب گیاه متعادلی را می‌پروراند (داعی، ۱۳۸۹).

۲-۴-۴- بررسی اثر اسید هیومیک بر خصوصیات گیاهان زراعی

کود آلی اسید هیومیک، در بهبود وضعیت فتوسنتز تاثیر می‌گذارد و پیرو آن تنفس هم یک رابطه مستقیم با فتوسنتز دارد و از آن سو این عوامل فیزیولوژیکی باعث ذخیره و حفظ مواد جامد محلول مانند قندها در برگ و انتقال آن به میوه گیاه می‌شود(نری و همکاران، ۲۰۰۲)، اسید هیومیک سبب تداوم بافت‌های فتوسنتز کننده شده و عملکرد دانه را افزایش می‌دهد(قربانی و همکاران، ۱۳۸۹).

اسید هیومیک با در اختیار گذاری عناصر غذایی مفید مانند فسفر و پتاسیم در جهت نمو گیاه دخالت دارد و از آنجا که به خاطر اسیدی بودن این ماده آلی در جذب عناصر میکرو از خاک و در اختیار گذاری این عناصر برای گیاه دخالت دارد و هم‌چنین پیرو آن عناصر میکرو باعث بهبود وضعیت متابولیسم گیاه شده و تولید میوه در بوته را تحریک می‌کند (صالحی و همکاران، ۱۳۸۹). افزایش

عملکرد با استفاده از مواد آلی، احتمالاً ناشی از عرضه عناصر غذایی، بخصوص نیتروژن و بهبود خواص فیزیکی خاک می‌باشد(بهدانی و همکاران، ۱۳۸۴).

قربانی و همکاران (۱۳۹۳) در آزمایشی به بررسی تاثیر اسید هیومیک بر ذرت پرداختند. نتایج نشان داد که اسید هیومیک بر شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، تعداد دانه در ردیف و طول بلال تاثیر معنی داری داشت اما تاثیر آن بر شاخص برداشت، وزن هزار دانه، قطر بلال و تعداد ردیف معنی دار نبود.

در آزمایشی نشان داده شد که اسید هیومیک به طور معنی داری در محتوی کلروفیل برگ‌ها مؤثر بوده و اثر خود را به طور اساسی بر محتوی کلروفیل b در برگ‌ها داشت. مقادیر ۲۰ میلی لیتر در لیتر اسید هیومیک چه به صورت محلولپاشی و چه اعمال خاکی بیشترین محتوی کلروفیل برگ‌ها را سبب شد. هم‌چنین اسید هیومیک به طور معنی داری وزن میوه و عملکرد کل را نسبت به شاهد افزایش داد (کرکوت، ۲۰۰۸).

نتایج یک آزمایش نشان داد که استفاده از اسید هیومیک می‌تواند اثرات مثبتی را بر عملکرد دانه ذرت و برخی از صفات زراعی مرتبط با عملکرد دانه داشته باشد، که این اثرات می‌تواند در نتیجه اثرات فیزیولوژیکی آن باشد. کاربرد ۳۵۰۰ و ۴۵۰۰ گرم در هکتار اسید هیومیک به دلیل گسترش بیشتر سطح برگ و دوام سطح برگ بالاتر، عملکرد اقتصادی بیشتری نسبت به سایر تیمارها به همراه داشت. این افزایش عملکرد به افزایش طول بلال و تعداد دانه در ردیف مربوط بود (قربانی و همکاران، ۱۳۸۹). هم‌چنین این مواد دارای خاصیت شبه هورمونی هستند، که در گیاهان موجب افزایش جوانه زنی، سرعت طویل شدن ریشه‌ها، تسریع در رشد شاخه‌ها و تحریک طویل شدن نهال‌های جوان می-شود(تن، ۲۰۰۳).

خالد و فاوی (۲۰۱۱) در کاربرد محلولپاشی اسید هیومیک بر روی رشد گیاه ذرت دریافتند که محلولپاشی اسید هیومیک به میزان ۰/۱ درصد بیشترین وزن خشک ذرت را نشان داد.

قربانی و همکاران (۲۰۱۰) به منظور بررسی کاربرد اسید هیومیک در آب آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت، آزمایشی شامل سطوح مختلف اسید هیومیک (صفر، ۵۰۰، ۱۵۰۰، ۲۵۰۰، ۳۵۰۰ و ۴۵۰۰ گرم در هکتار) را به اجرا در آوردند. نتایج آن‌ها نشان داد که اسید هیومیک بر شاحص سطح برگ، دوام سطح برگ، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک، تعداد دانه در ردیف و طول بلال تاثیر معنی داری داشت. تیمارهای ۳۵۰۰ و ۴۵۰۰ گرم در هکتار اسید هیومیک، به دلیل شاخص و دوام سطح برگ بالاتر، عملکرد دانه بالاتری را به خود اختصاص دادند. این محققان نتیجه گیری کردند که اسید هیومیک از طریق افزایش دوام بافت‌های فتوسنتزی موجب بهبود عملکرد دانه شد.

در خصوص اثرات اسید هیومیک بر ارتفاع بوته گندم، سبزواری و همکاران (۲۰۰۹) بیان کردند که مصرف ۳۰۰ میلی گرم در لیتر اسید هیومیک باعث افزایش چشمگیری در ارتفاع گیاه گندم شد که این افزایش ارتفاع را می‌توان به دلیل تاثیر اسید هیومیک در افزایش فعالیت آنزیم رابیسکو و متعاقبا افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه و در نتیجه افزایش ارتفاع گیاه دانست.

محققان گزارش کردند که اسید هیومیک از طریق اعمال اثرات مثبت فیزیولوژیکی از جمله اثر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی باعث افزایش عملکرد گیاه می‌شود. ناردی و همکاران (۲۰۰۲) بیان کردند که اسید هیومیک سبب تداوم بافت‌های فتوسنتزی شده و عملکرد دانه را افزایش می‌دهد.

فصل سوم

مواد و روش‌ها

۳-۱- زمان و محل اجرای آزمایش

این آزمایش در سال ۹۶ - ۱۳۹۵ در مزرعه آموزشی مرکز تحقیقات کشاورزی سمنان (شاهرود) در شهرستان شاهرود به اجرا درآمد.

۳-۲- موقعیت جغرافیایی و مشخصات آب و هوایی محل اجرای آزمایش

شهرستان شاهرود با طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۵۷ دقیقه شرقی و عرض ۳۶ درجه و ۲۵ دقیقه شمالی دارای اقلیم سرد و خشک می‌باشد. ارتفاع محل اجرای آزمایش از سطح دریا ۱۳۴۹ متر است. براساس اطلاعات ثبت شده در ایستگاه هواشناسی میانگین سالانه دما در این منطقه ۱۴/۴ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارندگی سالیانه ۱۶۰ میلی‌متر گزارش شده است.

۳-۳- خصوصیات خاک محل اجرای آزمایش

قبل از انجام عملیات آماده‌سازی و اجرای نقشه آزمایش به منظور تعیین بافت خاک و وضعیت عناصر غذایی به خصوص N-P-K از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری در ۸ نقطه از خاک محل کشت نمونه‌گیری شد. بدین منظور محل مورد نظر به ۸ قسمت فرضی تقسیم و از هر نقطه حدود یک کیلوگرم خاک برداشته شد. سپس خاک‌ها با هم مخلوط شده و نهایتاً یک نمونه یک کیلوگرمی که گویای تمام سطح مزرعه بود به آزمایشگاه منتقل شد. نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۳- ۱ آمده است. با توجه به نتایج بدست آمده، خاک دارای بافت لومی رسی با pH = ۸/۱۰ و EC = ۵/۶۸ دسی زیمنس بر متر بود.

جدول ۳-۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل انجام آزمایش

عمق (cm)	EC (dS-1)	pH	P_{ava} (ppm)	K_{ava} (ppm)	N (درصد)	T.N.V (درصد)	O.C (درصد)	رس (درصد)	لای (درصد)	شن (درصد)
۰-۳۰	۱/۶۸	۸/۱۰	۱۱/۲	۱۴۹	۰/۰۶۶	۲۷/۲	۰/۷۷	۲۸	۴۲	۳۰

۳-۴- نوع و قالب طرح آزمایشی

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام پذیرفت.

فاکتور اول در ۴ سطح شامل ۳ ایزوله، ایزوله‌های باکتری‌های حل کننده فسفات خاک که بر اساس توصیه موسسه تحقیقات خاک و آب تهیه و تحت عناوین B0، B1، B2، B3 استفاده می‌شوند. B0: بدون مصرف باکتری، B1: *Pseudomonas fluorescence* (R-93)، B2: *Pseudomonas fluorescence* (R-187)، B3: *Pseudomonas putid* (P-168).

فاکتور دوم در دو سطح مقدار مصرف کود شیمیایی فسفاته شامل:

P0: بدون مصرف کود شیمیایی فسفاته

P1: مصرف ۱۰۰ درصد مقدار توصیه بر مبنای آزمون خاک (۱۲۰ کیلوگرم در هکتار) را تشکیل می‌دهند.

فاکتور سوم در دو سطح مقدار مصرف اسید هیومیک شامل:

C0: بدون مصرف اسید هیومیک

C1: مصرف ۱۰۰ درصد مقدار توصیه شده اسید هیومیک (مصرف ۱۰ لیتر در هکتار به صورت مصرف خاکی).

بنابراین در هر بلوک ۱۶ کرت مورد مطالعه و در کل آزمایش ۴۸ کرت مورد بررسی قرار گرفت.

۳-۵- آماده سازی زمین و کاشت

عملیات تهیه زمین در اوایل اردیبهشت ماه سال ۱۳۹۵ صورت گرفت. در ابتدا زمین مورد نظر توسط گاو آهن برگردان دار شخم زده شد و سپس اقدام به عمل تسطیح زمین گردید. در پایان به وسیله فاروئر پشته هایی به عرض ۷۵ سانتی متر ایجاد گردید. هر کرت آزمایشی دارای ۴ خط کاشت دو ردیفه با فاصله ۷۵ سانتی‌متر و طول ۵ متر بود. فاصله بوته‌ها روی ردیف ۱۵ سانتی‌متر اعمال گردید. عمق کاشت بذر ۵ سانتی متر. رقم بذر ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ که به صورت دستی کشت گردید. کود پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم و بر اساس آزمون خاک بر مبنای ۱۰۰ کیلو گرم در هکتار به صورت یکنواخت قبل از خط کشی مصرف گردید. نیتروژن از منبع اوره بر اساس آزمون خاک در طول دوره رشد گیاه به صورت ۴ تقسیط ۱۰۰کیلو گرمی در هکتار مصرف گردید.

۳-۶- اعمال تیمارها

کود فسفات از منبع سوپر فسفات تریپل و بر اساس آزمون خاک در دو سطح " بدون مصرف کود فسفات" و "مصرف کود فسفات بر مبنا آزمون خاک " به هنگام کاشت بر مبنای ۱۲۰کیلو گرم در هکتار اعمال گردید.

باکتری‌های حل کننده فسفات از موسسه تحقیقات خاک و آب بخش بیوتکنولوژی تهران تهیه شد و به صورت بذرمال بر مبنای هر کیلو بذر مصرفی۳۰ گرم باکتری قبل از کاشت بذور استفاده شد. مایع چسباننده از شکر ۲۰ درصد استفاده شد که به ازای هر کیلو بذر مصرفی ۳۰ سی سی قبل از کاشت استفاده گردید.

اسید هیومیک از شرکت بنیز تجهیز، تهیه شد که به صورت مایع بود و در مرحله ۶ برگی بوته‌ها بر مبنای ۱۰ لیتر در هکتار به صورت رقیق شده و قبل از آبیاری به صورت مصرف خاکی، اعمال گردید.

۳-۷- داشت

آبیاری به روش تحت فشار و با استفاده از لوله‌های تیپ در وسط پشته‌ها انجام گردید.

۳-۸- برداشت

در انتهای دوره رشد (رسیدگی فیزیولوژیک) به منظور اندازه گیری صفات مورد نظر در هر کرت، نیم متر از ابتدا و انتهای هر ردیف همراه با دو ردیف کناری به عنوان حاشیه در نظر گرفته شدند. از هر واحد آزمایشی ۱۰ بوته به طور تصادفی انتخاب گردید و به آزمایشگاه انتقال داده شد. در آزمایشگاه عملکرد بیولوژیک، وزن بلال، قطر بلال و ساقه و ارتفاع اندازه گیری شد.

۳-۹- نمونه برداری و اندازه گیری صفات

۳-۹-۱- وزن خشک بلال و برگ

به منظور اندازه گیری وزن خشک بلال و برگ، بوته‌ها از ناحیه طوقه بریده شد و قسمت‌های برگ، ساقه و بلال جدا گردید، نمونه‌ها در داخل پاکت شماره‌دار گذاشته شدند و سپس به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد در داخل آون قرار داده شدند تا کاملاً خشک شوند. در آزمایشگاه بوته-ها با ترازوی حساس با دقت ۰/۰۱ گرم توزین شدند. وزن خشک بوته‌ها و اندام های آن پس از خشک شدن در آون تا رسیدن به وزن ثابت، توزین و ثبت شد.

۳-۹-۲- قطر بلال و ساقه

قطر بلال و ساقه با استفاده از کولیس دیجیتال اندازه گیری شد.

۳-۹-۳- سطح برگ

برای اندازه گیری سطح برگ ذرت ابتدا طول و عرض برگ را اندازه گیری کرده و در فرمول ۳-۱ قرار داده و در نهایت سطح برگ بر حسب سانتی‌متر مربع ثبت شد (مدرسی و همکاران، ۱۳۸۳).

(۳-۱) سطح برگ= (بیشترین طول برگ*بیشترین عرض برگ)*۰/۷۵

۳-۱۰- خصوصیات کیفی علوفه

۳-۱۰-۱- پروتئین برگ

آزمایش اندازه گیری پروتئین شامل ۳ مرحله است. مرحله هضم، مرحله تقطیر و مرحله تیتراسیون:

۳-۱۰-۱-۱- مرحله اول: هضم ماده غذایی

در این مرحله ابتدا یک گرم از نمونه گیاهی را وزن کرده و داخل بالن کجلدال ریخته شد. سپس ۷ گرم از سولفات سدیم و ۱ گرم سولفات مس بعنوان کاتالیزور وزن شد و به نمونه داخل بالن اضافه گردید. سپس با اضافه کردن ۲۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ کامل گردید. بعد از آن درب بالن را بوسیله حباب جمع آوری گاز و قیف مخصوص آن که محتوی مقدار معینی سود ۵۰٪ بود پوشانده شد. ترکیب حاصله برای حرارت دادن آماده شد. مجموعه را روی هیتر قرار داده و حرارت داده شد تا نمونه بطور کامل هضم گردید. محتویات داخل بالن در گوشه‌ای قرار گرفت تا سرد شود. در این هنگام حدود ۳۰۰ سی سی آب مقطر به محلول حاصل از هضم داخل بالن اضافه شد. در این حالت رنگ محلول حاصل تقریباً سبز کمرنگ بود (بردفورد، ۱۹۹۶).

۳-۱۰-۱-۲- مرحله دوم: مرحله تقطیر

در این مرحله از دستگاه نیمه اتوماتیک کجلدال مدل Gerhard شش کاناله ساخت شرکت WPI20S برای مرحله تقطیر استفاده شد. حداقل ۷۵ سی سی شود ۵٪ از طریق قیف به محتویات داخل بالن به آرامی اضافه شد. رنگ محلول بعد از اضافه شدن سود از آبی تا سیاه متغیر شد. در طرف دیگر دستگاه داخل ارلن ۳۰۰ میلی لیتری ۵۰ سی سی اسید بوریک ۲٪ تهیه گردید و چند قطره متیل رد بعنوان نشانگر به آن اضافه شد و زیر قطره چکان قرار گرفت بطوری که نوک قطره چکان داخل محلول قرار گرفت. شیر آب مبرد را باز نموده و شعله هیتر را روشن و محلول به مرحله جوش رسید در این مرحله رنگ محلول کاملاً سیاه شد. در این مرحله باید شعله را طوری تنظیم کرد که محلول به آرامی بجوشد در غیر این صورت اگر سرعت جوشیده محلول بیشتر باشد سرعت تولید گاز آمونیاک از سرعت میعان شدن آن بیشتر می‌شود در نتیجه فشار گاز در دستگاه بالا می رود و این باعث انفجار در دستگاه می-شود.

تقطیر را تا زمانی که حجم محلول داخل ارلن به حدود ۳۰۰ میلی‌لیتر برسد ادامه داده شد. بعد از آن بطور یقین تمام آمونیاک موجود در نمونه استخراج شده و بصورت مایع وارد اسید بوریک موجود در ارلن شد و با آن ترکیب شده و بورات آمونیوم بوجود آمد.

در اتمام کار نکته‌ای که باید حتماً مد نظر قرار می‌گرفت طریقه جداسازی دستگاه بود. با توجه به اینکه موقع حرارت دادن در سیستم خلاء بوجود می‌آید و فشار منفی در دستگاه حاکم است در نتیجه موقع جداسازی دستگاه هیچگاه ابتدا شعله قطع نشد درغیر اینصورت در اثر فشار منفی موجود در دستگاه تمامی محلول تقطیر شده داخل بالن به یکباره مکش شده و دوباره وارد بالن می‌شود. برای جداسازی دستگاه ابتدا باید بالن را از طرف دیگر دستگاه جدا کرده و سپس شعله خاموش شود.

۳-۱۰-۱-۳- مرحله سوم: مرحله تیتراسیون

در این مرحله بورات آمونیوم موجود در ارلن با اسید هیدروکلریک ۰/۱ نرمال تیتر شد. بدین صورت که بالن روی هات پلیت و یک عدد مگنت داخل آن نیز قرار داده شد سپس محلول را که برنگ زرد بود تا بوجود آمدن رنگ ارغوانی با اسید یاد شده تیتر شد (قورچی، ۱۳۷۴). حجم اسید مصرف شده را یادداشت نموده و در فرمول زیر قرار گرفت سپس از طریق ضریب تبدیل پروتئین در گیاه ذرت که ۵/۲۵ می‌باشد، درصد پروتئین بدست آمد (وست و همکاران، ۱۹۹۱).

(۲-۳) درصد نیتروژن= (۰/۱۴ × A) / وزن نمونه (گرم)

A= حجم اسید کلریدریک ۰/۱ مولار مصرفی بر حسب میلی‌لیتر

(۳-۳) درصد پروتئین = درصد نیتروژن × فاکتور پروتئینی

۳-۱۰-۲- فسفر برگ

اندازه گیری فسفر به روش کالریمتری (رنگ زرد مولیبدات وانادات) انجام شد. مقدار ۵ سی سی از محلول عصاره حاصل از هضم به داخل بالن ژوژه ۲۵ میلی لیتر ریخته شد، و به آن ۵ سی سی محلول آمونیوم مولیبدات وانادات اضافه شد و به حجم رسانده شد. سپس میزان جذب محلول حاصل با دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۷۰ نانومتر خوانده شد. میزان فسفر در نمونه خشک گیاه بر حسب گرم از رابطه زیر محاسبه شد.

a*b*V/2000W * 100/D.M

a: غلظت فسفر نمونه

b: غلظت فسفر شاهد

V: حجم نهایی محلول

W: وزن نمونه خشک گیاه

اندازه‌گیری فسفر قابل جذب خاک به روش اولسن

نمونه خاک با محلول بیکربنات سدیم pH = ۸/۵ عصاره‌گیری می‌شود. این روش در خاک‌های آهکی، قلیایی و خنثی قابل استفاده می‌باشد. غلظت کلسیم در عصاره با ته‌نشین شدن کلسیم کاهش و در نتیجه غلظت فسفر در محلول افزایش می‌یابد. در خاک‌های اسیدی کربنات به عنوان بافر، حلالیت آلومینیوم و آهن را متوقف می‌نماید و بنابراین غلظت فسفر در محلول را افزایش می‌دهد. فسفر در عصاره خاک به روش اولسن و به کارگیری اسیدآسکوربیک به عنوان ماده احیاءکننده به طریق کالریمتری اندازه‌گیری می‌شود.

اندازه‌گیری فسفر خاک به روش اولسن

۱- 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- آمونیوم مولیبدات 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 (Reagent A)

از مخلوط کردن محلول‌های بالا به میزان نصف آنها بدست می‌آید، سپس با آب مقطر آن را بـه حجـم می‌رسانیم.

۶- اسیدآسـکوربیک ۱/۱۸ میلـی مـولار (Reagent B)- ۱/۰۵۵۶ گـرم اسیدآسـکوربیک را در ۲۰۰ میلی‌لیتر Reagent A حل می‌نمائیم، این محلول روزانه باید تهیه شود.

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

۸- سری اسـتانداردها – از محلـول ppm ۵۰۰ فسـفر بـه ترتیـب 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 مـی‌رسـانیم (بـا توجـه بـه غلظت فسفر در هر منطقه می‌توان غلظت استانداردها را تغییر داد). برای اسـتاندارد صـفر از بیکربنـات سدیم استفاده می‌شود. این محلـول‌هـا دارای ppm ۱۰۰، ۵۰، ۲۵، ۱۰، ۵، ۱، ۰/۷۵، ۰/۵، ۰/۱ و ۰/۰۵ فسفر می‌باشد.

۲- روش کار

یک گرم از نمونه خاک همراه با ۰/۰۲ گرم زغال فعال بـه لولـه ۵۰ میلـی‌لیتـری منتقـل و سـپس ۲۰ میلی‌لیتر از محلول عصاره‌گیری بیکربنات سدیم را بـه آن اضـافه نمـودیم، بعـد از نـیم سـاعت شـیکر بلافاصله با کاغذ صافی شماره ۴۲ صاف شـد. بعـد از صـاف شـدن نمونـه‌هـا بـه ترتیـب ۲، ۰/۶ و ۰/۶ میلی‌لیتر از آب مقطر و استانداردها و Reagent B را با استفاده از پیپتـور بـه کـووت منتقـل و بعـد از کامل شدن رنگ آبی با دستگاه اسپکتروفتومتر روی طول موج ۸۸۲ نانومتر قرائت نمودیم.

۳-۱۱- تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها

تجزیه و تحلیل آماری داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار MSTATC انجام شد. برای رسم شکل‌ها از نرم‌افزار Excel استفاده شد و مقایسه میانگین‌ها با آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) و در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت.

فصل چهارم

نتایج و بحث

۴-۱- وزن خشک ساقه

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که وزن خشک ساقه ذرت علوفه‌ای در این تحقیق تحت تاثیر تیمار باکتری حل کننده فسفات (در سطح ۱ درصد) و اسید هیومیک (در سطح ۵ درصد) قرار گرفت (جدول ۴-۱).

نتایج مقایسات میانگین در جدول ۴-۲ حاکی از آن است که کاربرد باکتری‌های حل کننده فسفات B1، B2، B3 وزن خشک ساقه را تا سطح معنی داری افزایش داد. وزن خشک ساقه در گیاهان شاهد معادل ۶۸/۵۸ گرم بود و با کاربرد باکتری‌های حل کننده فسفات B2 تا سطح ۹۶/۸۳ گرم افزایش نشان داد (جدول ۴-۲).

بررسی جدول ۴-۲ مقایسه میانگین بیانگر این است که گیاهانی که اسید هیومیک دریافت کرده بودند، وزن خشک ساقه بیشتری را نشان دادند و این صفت از ۸۰/۵۸ گرم در گیاهان شاهد به ۹۰/۳۷ گرم افزایش نشان داد (جدول ۴-۲).

محققان گزارش کردند که هیومیک به عنوان یک اسید آلی حاصل از هوموس و سایر منابع طبیعی از طریق اثرات هورمونی و بهبود جذب عناصر غذایی، سبب افزایش زیست توده ریشه و اندام هوایی می-شود (سبزواری و همکاران، ۱۳۸۸). در راستای تحقیق حاضر، شریف و همکاران (۲۰۰۲) نشان دادند که کاربرد اسید هیومیک به صورت خاک مصرف، باعث افزایش وزن خشک ساقه ذرت گردید.

در دهه‌های اخیر شواهد بسیاری نشان داده است که باکتری‌های حل کننده فسفات از طریق سنتز هورمون‌های گیاهی مختلف در افزایش رشد گیاهان موثر باشند. هورمون‌های رشد گیاهی، تنظیم کننده‌های رشد گیاهی نیز نامیده می‌شوند که در رشد و توسعه گیاه نقش دارند. هورمون‌های گیاهی مواد آلی هستند که در غلظت‌های بسیار کم بر فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاهان تاثیر می‌گذارند. شش گروه عمده هورمون‌های گیاهی شامل جیبرلین‌ها، سیتوکینین‌ها، آبسیزیک اسید، اتیلن، براسینو

استروئیدها و اکسین‌ها می‌باشند. در بسیاری از موارد این هورمون‌های گیاهی تخصیص ذخایر گیاهی را در گیاهان تغییر داده و رشد ریشه گیاه را افزایش می‌دهند. به این ترتیب ریشه‌های بزرگتر، ریشه-های فرعی بیشتر و در نتیجه سطح تماس بیشتری را برای جذب آب و مواد غذایی ایجاد می‌کنند و در نهایت منجر به افزایش وزن نیز می‌گردند (دابلائر و همکاران، ۲۰۰۱).

باکتری‌های محرک رشد به طور مستقیم با تثبیت ازت و تولید هورمون‌های رشد، کاهش پتانسیل غشای ریشه، تولید بعضی از آنزیم‌های موثر در جذب عناصر غذایی و حل فسفر و به طور غیر مستقیم با کاهش یا پیشگیری از اثرات زیان آور بیماریزایی میکرو ارگانیسم‌های دیگر از طریق تولید انواع مواد آنتی بیوتیک، ضد قارچ و سیدروفورها سبب افزایش رشد ساقه و برگ گیاهان می‌شود و در نتیجه وزن خشک ساقه افزایش می‌یابد (فتحی و همکاران، ۱۳۹۵).

۴-۲- وزن خشک برگ

وزن خشک برگ تحت تاثیر کاربرد باکتری حل کننده فسفات (در سطح ۱ درصد)، کود فسفر (در سطح ۵ درصد) و اسید هیومیک (در سطح ۱ درصد) قرار گرفت (جدول ۴-۱).

نتایج نشان داد که استفاده از باکتری‌های حل کننده فسفات در هر ۳ سطح توانست وزن خشک برگ ذرت علوفه‌ای را تا سطح معنی داری افزایش دهد و این صفت را از ۲۷/۰۸ گرم در گیاهان شاهد به حدود ۳۶ گرم رساند (جدول ۴-۲).

گیاهانی که کود سوپر فسفات تریپل را دریافت کرده بودند، وزن خشک برگ بیشتری را به نمایش گذاشتند و این صفت ۳/۲۵ گرم افزایش نشان داد (جدول ۴-۲).

استفاده از اسید هیومیک نیز سبب افزایش معنی دار وزن خشک برگ گردید و این صفت را از ۳۱/۴۱ گرم در گیاهان شاهد به ۳۵/۵۸ گرم رساند (جدول ۴-۲).

سبزواری و همکاران (۱۳۸۸) در تحقیقی که روی گندم انجام دادند گزارش کردند که اثر اسید هیومیک بر وزن تر و وزن خشک برگ در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد. در کاربرد ۳۰۰ میلی گرم در لیتر اسید هیومیک، صفات مذکور در بیشترین مقدار خود بودند و این در حالی بود که بین غلظت‌های ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی گرم در لیتر تفاوت معنی داری وجود نداشت. در راستای تحقیق حاضر، راستائی و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که کاربرد اسید هیومیک سبب افزایش وزن خشک برگ در نخود گردید.

یزدانی و همکاران (۲۰۱۰) مشاهده نمودند که با مصرف باکتری‌های حل کننده فسفات، رشد اندام-های هوایی و عملکرد ماده خشک سویا افزایش یافت.

میکروارگانیسم‌ها با توانایی حل‌کنندگی فسفات، رشد محصول را از طریق بهبود تثبیت بیولوژیکی نیتروژن افزایش می‌دهند (پانمیورگن و گوپی، ۲۰۰۶).

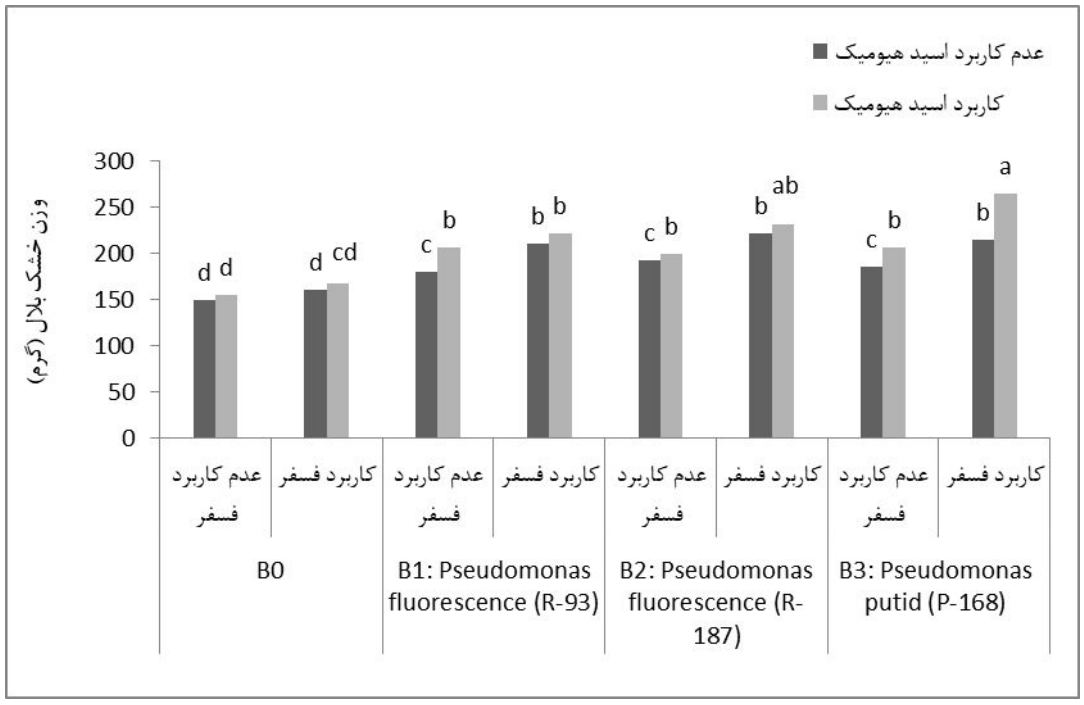
استفاده حداکثر از منابع و شرایط رشدی مناسب به دلیل برخورداری از منابع می‌تواند عامل اصلی در افزایش ارتفاع گیاه محسوب شود. داشتن ساقه طویل‌تر به معنی داشتن سطح فتوسنتز کننده بیشتر و تولید مواد متابولیکی بیشتر است که باعث افزایش وزن خشک برگ می‌گردد. اثر باکتری بر افزایش رشد ساقه و برگ به تولید اکسین و جیبرلین تعمیم داده شده است (گوییترز و مانرو، ۲۰۰۱).

گزارش شده است که کاربرد باکتری‌های حل کننده فسفات به دلیل قدرت و کارائی بالائی که در جذب عناصر غذایی و به ویژه فسفر از خود نشان می‌دهند، باعث تداوم طول عمر برگ در مراحل نمو گیاه شده و در نتیجه باعث قابلیت انجام فتوسنتز بیشتر می‌گردند که در نتیجه منجر به افزایش وزن خشک می‌گردد (احتشامی، ۲۰۰۸).

۴-۳- وزن خشک بلال در بوته

وزن خشک بلال در بوته ذرت علوفه‌ای تحت تاثیر کاربرد باکتری حل کننده فسفات (در سطح ۱ درصد)، کود فسفر (در سطح ۱ درصد)، اثر متقابل باکتری در اسید هیومیک (در سطح ۱ درصد) و اثر متقابل سه جانبه عامل‌ها (در سطح ۵ درصد قرار گرفت (جدول ۴-۱).

بررسی شکل ۴-۱ بیانگر این است که وزن خشک بلال در گیاهانی که اسید هیومیک، فسفر و باکتری B3 را همزمان دریافت کرده بودند، در بالاترین سطح قرار گرفت که معادل ۲۶۵ گرم در بوته بود.



شکل ۴-۱- مقایسه میانگین وزن خشک بلال ذرت علوفه‌ای تحت تاثیر مصرف باکتری حل کننده فسفات، کود فسفر و اسید هیومیک

به نظر می‌رسد اسید هیومیک با افزایش غلظت هورمون‌ها و تنظیم کننده‌های رشد در گیاه و هم-چنین تأمین عناصر غذایی و جذب سریع آن‌ها از طریق برگ‌ها، گیاه را به سمت تولید بیشتر هدایت می‌کند. تأثیر مثبت اسید هیومیک بر روی رشد و تولید محصولات به نظر می‌رسد به خاطر افزایش

فعالیت هورمون‌هایی است که در تنفس سلولی، فتوسنتز، فسفوریلاسیون اکسیداتیو، سنتز پروتئین، آنتی اکسیداسیون و واکنش‌های آنزیمی مختلف نقش دارند باشد (پینتون و کسکو، ۲۰۰۰). زهیر و همکاران (۲۰۰۰) افزایش وزن خشک تک بلال ذرت در اثر کاربرد باکتری‌های حل کننده فسفات را گزارش کردند.

۴-۴- قطر ساقه

جدول ۴-۳ نشان داد که قطر ساقه تحت تاثیر باکتری حل کننده فسفات قرار گرفت (جدول ۴-۳). استفاده از باکتری‌های B1، B2 و B3، قطر ساقه را به طور معنی داری ارتقا داد و در صدر جدول قرار گرفت (جدول ۴-۴).

احتشامی و همکاران (۱۳۹۲) گزارش کردند که کاربرد باکتری‌های حل کننده فسفات سبب افزایش قطر ساقه در ذرت گردید. افزایش قطر ساقه ناشی از افزایش و تجمع عناصر در ساقه است. از آن جایی که این باکتری‌ها توانایی زیادی در افزایش تولید هورمون سیتوکینین که در تقسیم سلولی نقش دارد ممکن است باعث افزایش قطر ساقه گیاه شده‌اند.

حمیدی و همکاران (۲۰۰۶) افزایش قطر ساقه ذرت تحت تاثیر تلقیح با باکتری‌های حل کننده فسفات را گزارش کردند.

برخی محققین اعتقاد دارند که تاثیر هورمونی القا شده در گیاه توسط باکتری‌ها به طور مستقیم موجب تغییرات مشخص در مورفولوژی ساقه، نظیر افزایش قطر ساقه می‌شود (آمواقایی و همکاران، ۲۰۰۳). به نظر می‌رسد که احتمالا در این پژوهش نیز باکتری‌های مورد استفاده از طریق تولید هورمون‌های محرک رشد مانند اکسین موجب تقسیمات سلولی بیشتر و افزایش قطر ساقه شده‌اند.

۴-۵- ارتفاع بوته

ارتفاع بوته ذرت علوفه‌ای در این تحقیق تحت تاثیر اثر متقابل باکتری در کود فسفر (در سطح ۵ درصد) قرار گرفت (جدول ۴-۳).

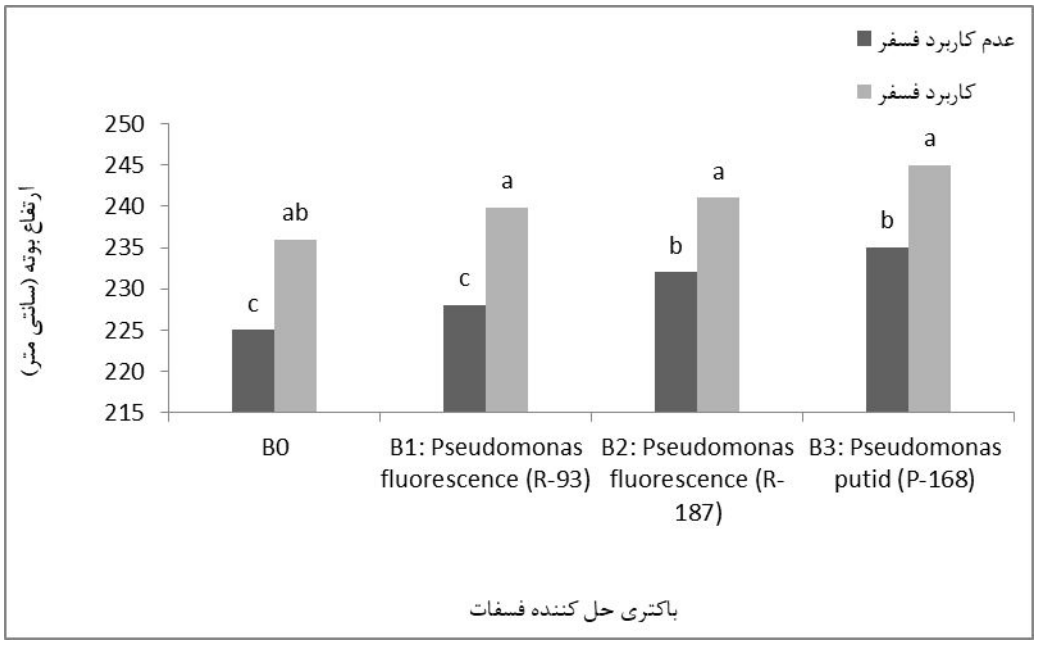
مقایسات میانگین ارتفاع بوته ذرت علوفه‌ای تحت تاثیر کود فسفر و باکتری حل کننده فسفات حاکی از آن است که کاربرد همزمان باکتری حل کننده فسفات و کود فسفر توانست، ارتفاع بوته ذرت را تا سطح معنی داری افزایش دهد. تیمار کاربرد همزمان باکتری B3 و کاربرد کود سوپر فسفات تریپل، بالاترین ارتفاع را که معادل ۲۴۵ سانتی متر بود، به خود اختصاص داد (شکل ۴-۲).

ارتفاع نهایی گیاه معمولاً تحت تأثیر عوامل ژنتیکی می‌باشد ولی محیط نیز ارتفاع بوته را تحت تأثیر قرار می‌دهد. ارتفاع جزء مهمی در تعیین عملکرد نمی‌باشد، ولی احتمالاً ارقام با ارتفاع بلندتر عملکرد ماده خشک بیشتری دارند (سلیمی، ۱۳۸۹).

شائوکات و همکاران (۲۰۰۶) در مطالعه‌ای روی گیاه آفتابگردان گزارش نمودند که تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد، ارتفاع گیاه را در مقایسه با گیاهان شاهد (تلقیح نشده) افزایش داد. زهیر و همکاران (۲۰۰۰) نیز افزایش ارتفاع ذرت تحت تاثیر تلقیح بذور با باکتری‌های حل کننده فسفر مثل سودوموناس را گزارش کردند. احتمالا علت اصلی این امر افزایش جذب مواد غذایی توسط گیاه بوده است. افزایش ارتفاع ذرت تحت تاثیر باکتری‌های افزاینده رشد با توجه به اثر افزاینده آن‌ها بر رشد رویشی قابل توجیه است.

کاظمی و همکاران (۱۳۹۱) در تحقیقی گزارش کردند که کاربرد کود سوپر فسفات تریپل سبب افزایش ارتفاع گیاه ذرت گردید. این محققان گزارش کردند که احتمالاً ارتفاع گیاه از جمله صفاتی است که به شدت تحت تأثیر کوددهی قرار می‌گیرد و در هر مرحله از رشد که رشد رویشی گیاه تحت تأثیر فسفر تحریک شود، ارتفاع گیاه نیز تحت تأثیر قرار گرفته و افزایش می‌یابد. در راستای تحقیق ما،

یساری (۱۳۹۲) گزارش کرد کاربرد باکتری حل کننده فسفات سبب افزایش ارتفاع سویا شد. دلایل این تاثیر علاوه بر توانایی این میکرو ارگانیسم‌ها در انحلال فسفات‌های نامحلول خاک، مربوط به سایر توانایی این باکتری‌ها نظیر سنتز هورمون‌های محرک رشد نظیر ایندول استیک اسید، جیبرلین‌ها، سیتوکینین‌ها و هم‌چنین سنتز ویتامین‌ها و اسیدهای آمینه نیز می‌تواند باشد که باعث افزایش رشد و کیفیت محصول می‌شود. این نتایج با یافته‌های آنتون (۲۰۰۲) نیز هم‌خوانی دارد.



شکل ۴-۲- مقایسه میانگین ارتفاع بوته ذرت علوفه‌ای تحت تاثیر کود فسفر و باکتری حل کننده فسفات

۴-۶- تعداد بلال

تعداد بلال در ذرت علوفه‌ای در این تحقیق از هیچ یک از تیمارهای آزمایشی تاثیر نپذیرفت (جدول ۴-۳).

۴-۷- قطر بلال

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که قطر بلال در ذرت علوفه‌ای تحت تاثیر هیچ یک از تیمارهای آزمایشی قرار نگرفت (جدول ۴-۳).

۴-۸- سطح برگ

نتایج بیانگر این است که سطح برگ در ذرت علوفه‌ای در این تحقیق از تیمارهای باکتری و اسید هیومیک تاثیر پذیرفت (جدول ۴-۵).

مقایسات میانگین نشان داد که گیاهانی که باکتری B3 را دریافت کرده بودند، سطح برگ بیشتری را نسبت به بقیه گیاهان نشان دادند و این صفت را از ۴۱۶ سانتی متر مربع در گیاهان شاهد به ۴۷۰/۵۸ سانتی متر مربع در بوته ارتقا داد (جدول ۴-۶). سطح برگ در گیاهانی که اسید هیومیک را تجربه کرده بودند، تا سطح معنی داری افزایش یافت و از ۴۲۷/۴۶ سانتی متر مربع به ۴۵۳/۴۶ سانتی مربع در بوته رسید (جدول ۴-۶).

محققان گزارش کردند که تلقیح گیاهان با باکتری حل کننده فسفات باعث افزایش جذب K، NO_3^- و H_2PO_4 می‌شود بنابراین به نظر می‌رسد نسبت ریشه به ساقه افزایش پیدا می‌کند. این امر موجب می‌شود گیاه بهتر در خاک مستقر شده و به منابع محدود آب و عناصر غذایی ضروری دسترسی پیدا کند. افزایش جذب یون‌ها در اثر تلقیح گیاه می‌تواند نقش مهمی در افزایش رشد برگ‌ها داشته باشد. هم‌چنین ترشح فیتو هورمون‌های مختلف مانند اکسین، سیتوکینین، جیبرلین و ترکیبات ناشناخته توسط سویه‌های این باکتری‌ها سبب افزایش رشد طولی سلول‌ها و تقسیمات سلولی می‌شوند و بدین ترتیب افزایش سطح برگ قابل توجیه می‌گردد (جونز و همکاران، ۲۰۰۰).

در مطالعه شفاعتی و همکاران (۱۳۸۹) مصرف باکتری‌های محرک رشد در سطح برگ جو از نظر آماری تاثیر معنی داری داشته است. آلبایراک و کاماس (۲۰۰۵) گزارش کردند که تیمار ۱۲۰۰ میلی گرم در لیتر اسید هیومیک سبب گسترش بیشتر سطح برگ می‌شود و دلیل آن را افزایش محتوای نیتروژن گیاه گزارش کردند. آستارایی و ایوانی (۲۰۰۸) افزایش مقدار سطح برگ و تولید مقدار کلروفیل بیشتر در برگ‌های لوبیا را در طی استفاده از تیمار اسید هیومیک گزارش کردند. اسید

هیومیک سبب تداوم بافت‌های فتوسنتز کننده می‌شود و عملکرد گیاهان را افزایش می‌دهد و نیز از طریق تاثیرات مثبت فیزیولوژیکی از جمله اثر بر متابولیسم‌های سلول‌های گیاهی و افزایش غلظت کلروفیل برگ، افزایش عملکرد گیاهان را در پی دارد.

۴-۹- فسفر قابل جذب خاک

فسفر قابل جذب خاک در این تحقیق تنها تاثیر کود فسفر (در سطح ۵ درصد) قرار گرفت (جدول ۴-۷). نتایج جدول ۴-۸ نشان داد که کاربرد سوپر فسفات تریپل سبب افزایش معنی دار فسفر قابل جذب خاک شد و فسفر قابل جذب را از ۱۶/۳۳ میلی گرم در کیلوگرم به ۱۹/۶۴ میلی گرم در کیلوگرم رساند.

بررسی وضعیت فسفر قابل جذب در خاک به دلیل نقش آن در تامین فسفر مورد نیاز گیاهان حائز اهمیت است. درجه جذب فسفر علاوه بر فاکتورهای محیطی و خواص و ترکیبات خاک به میزان کود مصرفی نیز بستگی دارد (جلالی و کلاه‌چی، ۱۳۸۴).

جذب فسفر در خاک در مراحل اولیه سریع و به صورت جذب بر روی سطوح ذرات می‌باشد و سپس شدت جذب کند شده و فسفر در این مرحله به صورت اشکال با قابلیت جذب کم و به صورت فسفات-های معدنی رسوب می‌کند. میزان فسفر قابل جذب خاک با بعضی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن رابطه دارد. قول لرعطا (۱۳۸۴) نیز در پژوهش خود مشاهده کرد، افزایش فسفر خاک به طور معنی‌داری فسفر قابل جذب خاک را افزایش داد.

۴-۱۰- فسفر برگ

هیچ یک از تیمارهای آزمایش بر فسفر برگ تاثیر نداشت (جدول ۴-۷).

۴-۱۱- عملکرد بیولوژیک

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که عملکرد بیولوژیک ذرت علوفه‌ای تحت تاثیر کود فسفر و اسید هیومیک در سطح ۵ درصد قرار گرفت (جدول ۴-۷).

بررسی جدول مقایسه میانگین نشان داد که کاربرد کود سوپر فسفات تریپل سبب افزایش عملکرد بیولوژیک از ۸۴/۹۷ تن در هکتار به ۸۹/۷۷ تن در هکتار گردید (جدول ۴-۸).

گیاهانی که اسید هیومیک را دریافت کرده بودند، عملکرد بیولوژیک بالاتری را نسبت به گیاهان شاهد نشان دادند (جدول ۴-۸).

فسفر به عنوان یکی از سه عنصر اصلی مورد نیاز گیاه سبب افزایش عملکرد گردید، زیرا فسفر با تنظیم هورمون‌های گیاهی نقش مهمی در تقسیم سلولی دارد، از طرفی نقش مهمی در تولید مواد فتوسنتزی داشته و سبب تولید انرژی در گیاه می‌شود و این امر باعث افزایش عملکرد بیولوژیک می‌گردد. ایسلام و همکاران (۲۰۰۹) اعلام کردند که افزایش کود سوپر فسفات تریپل (۰، ۴۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار) باعث افزایش عملکرد بیولوژیک نخود شد. توگای و همکاران (۲۰۰۸) نیز در یک آزمایش افزایش عملکرد بیولوژیک گیاه نخود را در اثر استفاده از کود فسفر (۰، ۴۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار) مشاهده کردند. محققان دیگری از جمله حسن زاده و همکاران (۱۳۸۶) و جنوبی و دانشیان (۱۳۸۵) گزارش کردند مصرف کود فسفر باعث افزایش عملکرد بیولوژیک جو و سویا شد.

در راستای تحقیق ما، کاظمی و همکاران (۱۳۹۱) نیز گزارش کردند که کابرد کود سوپر فسفات تریپل سبب افزایش عملکرد بیولوژیک در ذرت گردید.

اسید هیومیک از طریق اثرات مثبت فیزیولوژیکی از جمله اثر بر متابولیسم سلول های گیاهی و افزایش غلظت کلروفیل برگ باعث افزایش عملکرد گیاهان می شود (ناردی و همکاران ۲۰۰۲). قربانی

و همکاران نیز (۱۳۸۹) بیان کردند که اسید هیومیک سبب تداوم بافت های فتوسنتز کننده شده و عملکرد بیولوژیک را افزایش می‌دهد. در مطالعه دیگری اسید هیومیک سبب افزایش فسفر و نیتروژن در گیاه بنت گراس شده و تجمع ماده خشک را افزایش داد (مکوویاک و همکاران، ۲۰۰۱).

مواد هیومیکی نقش مهمی در جذب عناصر غذایی بازی می‌کنند (ترکمن و همکاران، ۲۰۰۵). هم-چنین محققان زیادی گزارش کردند که به وسیله تیمار اسید هیومیک، جذب عناصر ماکرو و میکرو افزایش می‌یابد (کایا و همکاران، ۲۰۰۵). محققان گزارش کردند اسید هیومیک از طریق افزایش ارتفاع گیاه و قطر ساقه سبب افزایش عملکرد بیولوژیک می‌شود (آلبایراک و کاماس، ۲۰۰۵). مجدم و همکاران (۱۳۹۵) در تحقیقی به بررسی تاثیر کاربرد اسید هیومیک و کود نیتروژن بر خصوصیات کمی و کیفی ذرت بهاره پرداختند. نتایج نشان داد که اسید هیومیک تاثیر معنی داری بر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و کارایی مصرف نیتروژن نشان داد.

افزایش عملکرد بیولوژیک با افزایش غلظت اسید هیومیک به دلیل وجود عناصر ضروری برای رشد در این مواد آلی می‌باشد. اسید هیومیک از طریق تاثیرات مثبت فیزیولوژیکی از جمله افزایش متابولیسم در درون سلول‌ها و هم‌چنین افزودن مقدار کلروفیل در برگ‌ها سبب ماندگاری بیشتر برگ‌ها می‌شود و در نتیجه عملکرد تولیدی و بیوماس تولیدی در گیاهان آلی افزایش می‌یابد (قربانی و همکاران، ۱۳۹۳).

آیاس و گالسر (۲۰۰۵) گزارش کردند که اسید هیومیک از طریق افزایش در محتوای نیتروژن گیاه سبب افزایش رشد، ارتفاع و به تبع آن عملکرد بیولوژیک می‌شود.

۴-۱۲- خصوصیات کیفی علوفه

۴-۱۲-۱- درصد پروتئین

درصد پروتئین در ذرت علوفه‌ای در این تحقیق از تیمارهای آزمایش تاثیر نپذیرفت (جدول ۴-۹).

در راستای تحقیق ما، مجدم و همکاران (۱۳۹۵) گزارش کردند که اسید هیومیک بر میزان پروتئین نخود معنی دار نگردید.

۴-۱۲-۲- عملکرد پروتئین

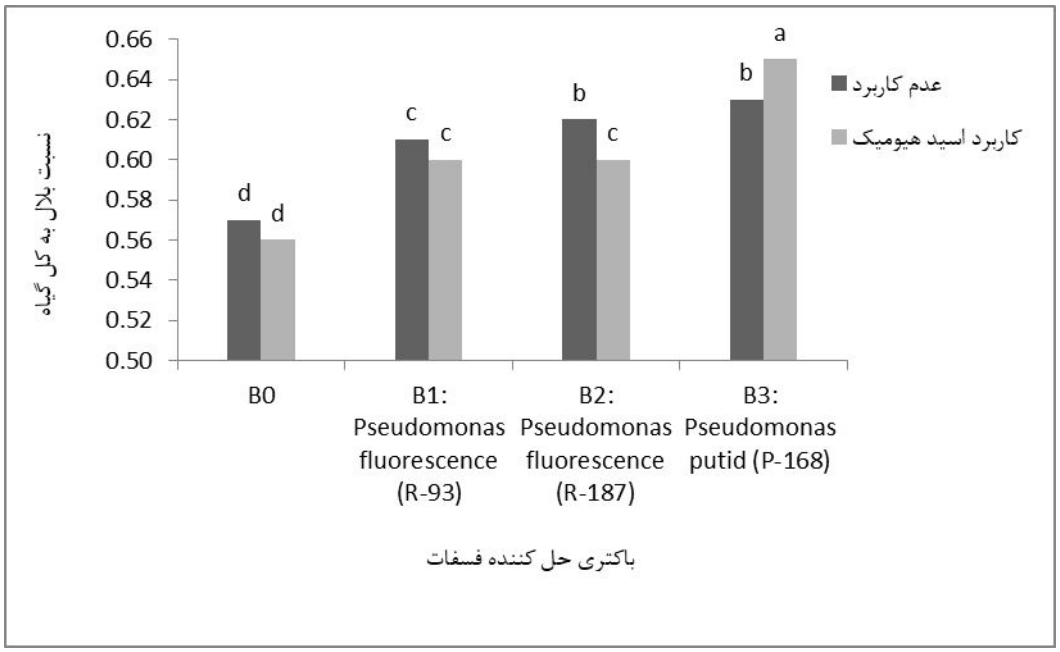
در این تحقیق، عملکرد پروتئین نیز تحت تاثیر هیچ یک از تیمارهای آزمایش قرار نگرفت (جدول ۴-۹). بالا بودن پروتئین، یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های کیفی گیاهان علوفه‌ای می‌باشد و بالا بودن آن یک فاکتور موثر در انتخاب علوفه برای تغذیه دام محسوب می‌شود. درصد پروتئین به تنهایی نمی‌تواند معرف کیفیت علوفه تولید شده باشد، زیرا ممکن است درصد پروتئین بالا در اثر پایین بودن عملکرد تولیدی، چندان قابل توجه نباشد و یا ممکن است گیاهی با درصد پروتئین کم ولی تولید ماده خشک بالاتر، پروتئین بیشتری تولید کرده و در نتیجه اهمیت بیشتری داشته باشد. لذا عملکرد پروتئین در هکتار که برآیندی از عملکرد ماده خشک و درصد پروتئین می‌باشد، دارای اهمیت زیادی در تعیین ارزش کیفی گیاهان علوفه‌ای است (فاتح، ۲۰۰۹).

۴-۱۲-۳- نسبت برگ به ساقه

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که هیچ یک از تیمارهای مورد مطالعه بر نسبت برگ به ساقه اثر معنی داری نداشت (جدول ۴-۹).

۴-۱۲-۴- نسبت بلال به کل گیاه

نسبت بلال به کل گیاه، در این تحقیق تنها از اثر متقابل باکتری حل کننده فسفات و اسید هیومیک تاثیر پذیرفت (جدول ۴-۹). همان طور که در شکل ۴-۳ نیز ملاحظه می‌گردد، بالاترین نسبت بلال به کل گیاه مربوط به ترکیب تیماری کاربرد باکتری B4 و کاربرد اسید هیومیک بود که معادل ۰/۶۵ بود. کمترین نسبت بلال به کل گیاه را نیز گیاهان شاهد به خود اختصاص دادند (شکل ۴-۳).



شکل ۴-۳- مقایسه میانگین نسبت بلال به کل گیاه ذرت علوفه‌ای تحت تاثیر باکتری حل کننده فسفات و اسید هیومیک

۴-۱۳- نتیجه گیری

استفاده از باکتری حل کننده فسفات، کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل و اسید هیومیک توانست بر بسیاری از صفات تاثیر مثبت بگذارد به طوری که باکتری حل کننده فسفات وزن خشک ساقه، وزن خشک برگ، وزن خشک بلال، قطر ساقه، قطر بلال، سطح برگ، فسفر برگ و عملکرد بیولوژیک را افزایش داد. اسید هیومیک نیز وزن خشک ساقه و برگ، سطح برگ و تعداد کل برگ‌ها و عملکرد بیولوژیک را تا سطح معنی داری افزایش داد.

بررسی‌های اکولوژیک نشان داده است که استفاده بیش از حد از کودهای شیمیایی بالاخص کودهای فسفاته سبب تخریب اکوسیستم‌های زراعی می‌گردد و استفاده از جایگزین‌های مناسب از جمله اهداف کشاورزی اکولوژیک می‌باشد. نتایج این بررسی نشان داد که مصرف کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل سبب افزایش وزن خشک برگ، وزن خشک بلال، تعداد بلال و عملکرد بیولوژیک گردید. گیاهانی که باکتری را همزمان با کود فسفر دریافت کرده بودند، ارتفاع بیشتری داشتند. کاربرد باکتری حل کننده فسفات و اسید هیومیک سطح برگ ذرت علوفه‌ای را افزایش داد. تیمارهای آزمایشی در این تحقیق تاثیری بر میزان پروتئین کل در ذرت علوفه‌ای نشان نداد. عملکرد بیولوژیک در ذرت علوفه‌ای تحت تاثیر کود فسفر، اسید هیومیک و باکتری حل کننده فسفات قرار گرفت.

در این تحقیق گیاهانی که با باکتری تلقیح شده بودند، میزان فسفر برگ بیشتری را دارا بودند. به طور کلی تلقیح با باکتری های حل کننده فسفات از طریق افزایش جذب مواد غذایی به ویژه فسفر اثر مثبتی داشت و کیفیت علوفه به این طریق بهبود نشان داد.

به طور کلی تلقیح بذر ذرت با باکتری حل کننده فسفات بر عملکرد گیاه از طریق افزایش جذب مواد غذایی به ویژه فسفر و نیز احتمالا از طریق گسترش دادن سطح جذب ریشه (کلونیزه شدن) اثر مثبتی داشت. در حقیقت این تحقیق نشان داد که باکتری حل کننده فسفات بر حسب ویژگی‌های خاک،

ژنوتیپ گیاه و شرایط اقلیمی، خود را با محیط سازگار می‌کند و برای اینکه خود را در خاک تثبیت کنند، نیاز به زمان دارد.

۴-۱۴- پیشنهادات

موارد زیر برای حصول نتایج تکمیلی پیشنهاد می‌شود:

۱- آزمایش مذکور حداقل یکسال دیگر تکرار شود.

۲- بررسی دامنه وسیعتری از غلظت‌های اسید هیومیک بر عملکرد ذرت علوفه‌ای انجام شود.

۳- غلظت‌های دیگری از کود سوپر فسفات تریپل مورد بررسی قرار بگیرد.

۴- باکتری حل کننده فسفات با مقادیر مختلف کود فسفر مورد بررسی قرار گیرد.

۵- کاربرد اسید هیومیک و کود سوپر فسفات تریپل در مراحل مختلف رشد ذرت علوفه‌ای بررسی شود.

۶- تحقیقات دیگر در رابطه با کاربرد سایر باکتری‌های حل کننده فسفات در مورد ذرت انجام گیرد تا مناسب‌ترین باکتری حل کننده فسفات با کارایی بالاتر انتخاب گردد.

پیوست‌ها

جدول ۴-۱- تجزیه واریانس وزن خشک ساقه، وزن خشک برگ و وزن خشک تک بلال تحت تاثیر کاربرد باکتری حل کننده فسفات، کود فسفر و اسید هیومیک در ذرت علوفه‌ای

منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک ساقه	وزن خشک برگ	وزن خشک بلال در بوته
تکرار	۲	۷۳۶/۰۲	۱۳/۵۶	۲۷۸۶/۲۷
باکتری	۳	۱۶۹۲/۸۵**	۲۲۱/۲۷**	۶۱۸۵/۶۱**
فسفر	۱	۵۶۷/۱۸	۱۲۶/۷۵*	۱۰۸۰۰/۰۰**
اسید هیومیک	۱	۹۲۷/۵۲*	۲۰۸/۳۳**	۱۴۷۴/۰۸
باکتری*فسفر	۳	۶۶/۲۴	۸/۵۸	۹۱۴/۶۱
باکتری*اسید هیومیک	۳	۳۵۲/۰۲	۴/۹۴	۴۶۲۷/۴۷**
فسفر*اسید هیومیک	۱	۶۳/۰۲	۶/۷۵	۱۵۶۴/۰۸
باکتری*فسفر*اسید هیومیک	۳	۳۳۵/۰۷	۱۴/۵۸	۲۱۳۰/۳۶*
خطای آزمایش	۳۰	۲۳۶/۶۲	۲۱/۸۲	۶۹۸/۴۹
ضریب تغییرات (درصد)		۱۸/۱۰	۱۳/۹۴	۱۳/۸۳

جدول ۴-۲- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه، وزن خشک برگ و وزن خشک بلال تحت تاثیر کاربرد باکتری حل کننده فسفات، کود فسفر و اسید هیومیک در ذرت علوفه‌ای

تیمارها	وزن خشک ساقه (گرم در بوته)	وزن خشک برگ (گرم در بوته)	وزن خشک بلال (گرم)
باکتری حل کننده فسفات			
B0	۶۸/۵۸ b	۲۷/۰۸ b	۱۵۷/۲۵ b
B1	۸۵/۹۱ a	۳۵/۱۶ a	۲۰۵/۱۷ a
B2	۹۶/۸۳ a	۳۶/۰۸ a	۱۹۸/۹۲ a
B3	۸۸/۵۴ a	۳۵/۶۶ a	۲۰۳/۰۰ a
LSD 5%	۱۲/۸۲	۳/۸۹۵	۲۲/۰۳۵
فسفر			
عدم کاربرد فسفر	۸۱/۵۴ a	۳۱/۸۷ b	۱۷۶/۰۸ b
سوپر فسفات تریپل	۸۸/۴۱ a	۳۵/۱۲ a	۲۰۶/۰۸ a
LSD 5%	۹/۰۶۸	۲/۷۵۴	۱۵/۵۸۱
اسید هیومیک			
عدم کاربرد	۸۰/۵۸b	۳۱/۴۱b	۱۸۵/۵۴ a
کاربرد	۹۰/۳۷ a	۳۵/۵۸ a	۱۹۶/۶۲ a
LSD 5%	۹/۰۶۸	۲/۷۵۴	۱۵/۵۸۱

جدول ۴-۳- تجزیه واریانس قطر ساقه، ارتفاع بوته، تعداد بلال و قطر بلال تحت تاثیر کاربرد باکتری حل کننده فسفات، کود فسفر و اسید هیومیک در ذرت علوفه‌ای

منابع تغییر	درجه آزادی	قطر ساقه	ارتفاع بوته	تعداد بلال	قطر بلال
تکرار	۲	۴/۵۲	۱۲۷۵/۵۸	۰/۶۴	۲/۴۷
باکتری	۳	۵/۰۰*	۵۹/۸۶	۰/۰۲	۱/۲۲
فسفر	۱	۲/۸۵	۴۸/۰۰	۰/۷۵	۰/۱۴
اسید هیومیک	۱	۲/۳۸	۱۶۸/۷۵	۰/۳۳	۰/۳۳
باکتری*فسفر	۳	۳/۶۲	۵۸۱/۰۰*	۰/۱۳	۰/۸۶
باکتری*اسید هیومیک	۳	۳/۵۰	۵۶/۷۵	۰/۰۵	۰/۱۶
فسفر*اسید هیومیک	۱	۴/۰۲	۲۸۰/۳۳	۰/۳۳	۰/۸۵
باکتری*فسفر*اسید هیومیک	۳	۴/۱۰	۱۵۲/۰۰	۰/۱۶	۱/۵۳
خطای آزمایش	۳۰	۳/۴۸	۱۷۹/۸۲	۰/۱۳	۰/۷۲
ضریب تغییرات (درصد)		۱۶/۶۸	۵/۷۵	۲۶/۳۶	۲۶/۲۲

جدول ۴-۴- مقایسه میانگین قطر ساقه، ارتفاع بوته، تعداد بلال و قطر بلال تحت تاثیر کاربرد باکتری حل کننده فسفات، کود فسفر و اسید هیومیک در ذرت علوفه‌ای

تیمارها	قطر ساقه (سانتی متر)	ارتفاع بوته (سانتی متر)	تعداد بلال (تعداد در بوته)	قطر بلال (سانتی متر)
باکتری حل کننده فسفات				
B0	۰/۶۱ b	۲۳۳/۷۵ a	۰/۸۳ a	۲/۹۸ b
B1	۰/۸۶ b	۲۳۲/۵۸ a	۰/۷۵ a	۳/۱۸ ab
B2	۲/۰۶ a	۲۳۵/۵۸ a	۰/۷۵ a	۳/۱۰ ab
B3	۱/۹۲ a	۲۳۰/۲۵ a	۰/۸۳ a	۳/۷۰ a
LSD 5%	۱/۰۳	۱۱/۱۸۱	۰/۳۰۶	۰/۷۰۹
فسفر				
عدم کاربرد فسفر	۱/۳۶ a	۲۳۴/۰۴ a	۰/۶۶ b	۳/۱۹ a
سوپر فسفات تریپل	۰/۸۷ a	۲۳۲/۰۴ a	۰/۹۱ a	۳/۳۰ a
LSD 5%	۱/۱۰۰	۷/۹۰	۰/۲۱۶	۰/۵۰۱
اسید هیومیک				
عدم کاربرد	۱/۳۴ a	۲۳۱/۱۶ a	۰/۷۰ a	۳/۳۹ a
کاربرد	۰/۸۹ a	۲۳۴/۹۱ a	۰/۸۷ a	۳/۱۶ a
LSD 5%	۱/۱۰۰	۷/۹۰۵	۰/۲۱۶	۰/۵۰۱

جدول ۴-۵- تجزیه واریانس سطح برگ از بلال تحت تاثیر کاربرد باکتری حل کننده فسفات، کود فسفر و اسید هیومیک در ذرت علوفه‌ای

منابع تغییر	درجه آزادی	سطح برگ
تکرار	۲	۱۴۸۸/۲۷
باکتری	۳	۶۰۹۱/۳۳*
فسفر	۱	۸۰۰/۳۳
اسید هیومیک	۱	۸۱۱۲/۰۰*
باکتری*فسفر	۳	۱۹۴۵/۵
باکتری*اسید هیومیک	۳	۴۷۱۳/۶۱
فسفر*اسید هیومیک	۱	۳۷۴/۰۸
باکتری*فسفر*اسید هیومیک	۳	۱۸۸۲/۰۲
خطای آزمایش	۳۰	۲۸۶۷/۴۷
ضریب تغییرات (درصد)		۱۲/۱۵

جدول ۴-۶- تجزیه واریانس سطح برگ تحت تاثیر کاربرد باکتری حل کننده فسفات، کود فسفر و اسید هیومیک در ذرت علوفه‌ای

تیمارها	سطح برگ (سانتی متر مربع در بوته)
باکتری حل کننده فسفات	
B0	۴۱۶/۰۰ b
B1	۴۳۸/۳۳ ab
B2	۴۳۶/۹۲ ab
B3	۴۷۰/۵۸ a
LSD 5%	۴۴/۶۴۷
فسفر	
عدم کاربرد فسفر	۴۳۶/۳۸ a
سوپر فسفات تریپل	۴۴۴/۵۴ a
LSD 5%	۳۱/۵۷
اسید هیومیک	
عدم کاربرد	۴۲۷/۴۶ b
کاربرد	۴۵۳/۴۶ a
LSD 5%	۲۳/۵۷

جدول ۴-۷- تجزیه واریانس فسفر قابل جذب خاک و عملکرد بیولوژیک تحت تاثیر کاربرد باکتری حل کننده فسفات، کود فسفر و اسید هیومیک در ذرت علوفه‌ای

منابع تغییر	درجه آزادی	فسفر قابل جذب خاک	فسفر برگ	عملکرد بیولوژیک
تکرار	۲	۲۴/۱۶	۰/۰۰۰۱	۲۳۹/۴۴
باکتری	۳	۶۷/۴۰	۰/۰۰۰۲	۳۳/۹۳
فسفر	۱	۹۴/۶۴*	۰/۰۰۰۷	۲۷۶/۳۳*
اسید هیومیک	۱	۱/۴۰	۰/۰۰۰۱	۲۷۴/۸۰*
باکتری*فسفر	۳	۱۳/۵۳	۰/۰۰۱	۱۱/۴۹
باکتری*اسید هیومیک	۳	۴۰/۴۳	۰/۰۰۰۲	۳۰/۰۱
فسفر*اسید هیومیک	۱	۴۲/۹۴	۰/۰۰۰۶	۷/۴۰
باکتری*فسفر*اسید هیومیک	۳	۲۸/۳۳	۰/۰۰۰۰۴	۱۲/۱۶
خطای آزمایش	۳۰	۲۷/۷۷	۰/۰۰۰۶	۴۹/۴۵
ضریب تغییرات (درصد)		۲۶/۷۱	۱۶/۶۵	۸/۰۴

جدول ۴-۸- تجزیه واریانس فسفر قابل جذب خاک و عملکرد بیولوژیک تحت تاثیر کاربرد باکتری حل کننده فسفات، کود فسفر و اسید هیومیک در ذرت علوفه‌ای

تیمارها	فسفر قابل جذب خاک (میلی گرم در کیلوگرم)	فسفر برگ (درصد)	عملکرد بیولوژیک (تن در هکتار)
باکتری حل کننده فسفات			
B0	۲۰/۸۵ a	۰/۱۵ a	۸۳/۱۷ a
B1	۱۹/۴۳ a	۰/۱۷ a	۸۵/۶۹a
B2	۱۹/۲۱ a	۰/۱۸ a	۸۸/۶۵ a
B3	۲۰/۴۵ a	۰/۱۸ a	۸۸/۹۸ a
LSD 5%	۴/۳۹۳	۰/۰۲۱	۴/۸۶۳
فسفر			
عدم کاربرد فسفر	۱۶/۳۳ b	۰/۱۵ a	۸۴/۹۷ b
سوپر فسفات تریپل	۱۹/۶۴ a	۰/۱۶ a	۸۹/۷۷ a
LSD 5%	۳/۱۰۶	۰/۰۱۵	۴/۱۴۶
اسید هیومیک			
عدم کاربرد	۱۷/۵۶ a	۰/۱۵ a	۸۴/۹۸ b
کاربرد	۱۷/۹۷ a	۰/۱۵ a	۸۹/۷۷ a
LSD 5%	۳/۱۰۶	۰/۰۱۵	۴/۱۴۶

جدول ۴-۹- تجزیه واریانس پروتئین کل، نسبت برگ به ساقه و نسبت بلال به کل گیاه تحت تاثیر کاربرد باکتری حل کننده فسفات، کود فسفر و اسید هیومیک در ذرت علوفه‌ای

منابع تغییر	درجه آزادی	درصد پروتئین	عملکرد پروتئین	نسبت برگ به ساقه	نسبت بلال به کل گیاه
تکرار	۲	۱۳/۵۱	۸۷۴۴۹/۴۷	۰/۰۰۸	۰/۰۰۶
باکتری	۳	۳/۴۱	۱۸۹۸۰/۲۶	۰/۰۰۴	۰/۰۰۲
فسفر	۱	۳/۵۰	۱۰۰۴۳۸/۶۳	۰/۰۰۰۳	۰/۰۰۴
اسید هیومیک	۱	۰/۲۰	۴۱۹۹۲/۳۵	۰/۰۰۲	۰/۰۰۲
باکتری*فسفر	۳	۳/۶۸	۲۷۹۵۰/۸۰	۰/۰۰۰۲	۰/۰۰۳
باکتری*اسید هیومیک	۳	۴/۰۶	۲۴۴۴۶/۹۷	۰/۰۱	۰/۰۱*
فسفر*اسید هیومیک	۱	۵/۹۹	۴۰۴۱۹/۶۳	۰/۰۰۵	۰/۰۰۴
باکتری*فسفر*اسید هیومیک	۳	۱/۹۵	۱۵۴۴۰/۰۷	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳
خطای آزمایش	۳۰	۵/۸۵	۵۷۴۱۸/۶۸	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲
ضریب تغییرات (درصد)		۲۵/۰۳	۱۸/۳۳	۱۵/۳۴	۸/۲۵

جدول ۴-۱۰- تجزیه واریانس پروتئین کل، نسبت برگ به ساقه و نسبت بلال به کل گیاه تحت تاثیر کاربرد باکتری حل کننده فسفات، کود فسفر و اسید هیومیک در ذرت علوفه‌ای

تیمارها	درصد پروتئین	پروتئین کل (کیلوگرم در هکتار)	نسبت برگ به ساقه	نسبت بلال به کل گیاه
باکتری حل کننده فسفات				
B0	۱۰/۴۲ a	۹۰۲/۱۰ a	۰/۳۹ a	۰/۶۲a
B1	۹/۵۳ a	۸۱۷/۹۵ a	۰/۴۱ a	۰/۶۲ a
B2	۹/۱۷ a	۸۱۷/۵۶ a	۰/۳۷ a	۰/۵۹ a
B3	۹/۵۱ a	۸۴۴/۵۶ a	۰/۴۱ a	۰/۶۱ a
LSD 5%	۲/۰۱۶	۱۹۹/۷۹	۰/۰۵۱	۰/۰۴۲
فسفر				
عدم کاربرد فسفر	۹/۳۹ a	۷۹۹/۸۰ a	۰/۴۰ a	۰/۶۰ a
سوپر فسفات تریپل	۹/۹۳ a	۸۹۱/۲۸ a	۰/۴۰ a	۰/۶۰ a
LSD 5%	۱/۴۲	۱۴۱/۲۷	۰/۰۳۶	۰/۰۲۹
اسید هیومیک				
عدم کاربرد	۹/۵۹ a	۸۱۵/۹۶ a	۰/۳۹ a	۰/۶۲ a
کاربرد	۹/۷۲ a	۸۷۵/۱۲ a	۰/۴۲ a	۰/۶۰ a
LSD 5%	۱/۴۲۶	۱۴۱/۲۷	۰/۰۳۶	۰/۰۲۹

منابع

احتشامی، م. ر. آقا علیخانی، م. چایی‌چی، م. ر. و خاوازی، ک. ۱۳۸۴. تاثیر کودهای زیستی فسفاته بر خواص کمی و کیفی ذرت دانه ای (سینگل کراس۷۰۴) در شرایط کم آبی. نشریه علوم گیاهان زراعی ایران. ۴۰(۱): ۱۱۲-۱۲۱.

احتشامی، س. م .ر.، آقا علیخانی، م.، چایی چی، م.ر. و خاوازی، ک. ۱۳۸۸. اثر تلقیح بذر با باکتری‌های حل کننده فسفات و قارچ میکوریزایی بر تحمل ذرت به تنش کم آبی. دهمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران.

احتشامی، م.ر.، جان زمین، ا.، رمضانی، م.، خاوازی، ک. و زند، ب. ۱۳۹۲. تاثیر مدیریت تلفیقی کود فسفر بر عملکرد کمی و کیفی دو رقم ذرت علوفه‌ای در ورامین. به زراعی کشاورزی. ۱۵(۱): ۹۵-۱۱۰.

اسدی رحمانی، ه.، خاوازی، ک.، اصغرزاده، ا. و رجالی، ف. ۱۳۸۴. کودهای بیولوژیک، مکمل یا جایگزین کودهای شیمیائی. ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور. انتشارات سنا. تهران، ایران. صفحه ۳۲ تا ۴۱.

ایران نژاد، ح. و شهبازیان، ن. ۱۳۸۴. زراعت غلات، انتشارات کار نو، جلد دوم.

بهدانی، م. ع.،کوچکی، ع.، نصیری محلاتی، م. و رضوانی مقدم، پ. ۱۳۸۴. ارزیابی روابط کمی بین عملکرد و مصرف عناصر غذایی در زعفران مطالعه در مزارع کشاورزان on-farm، مجله پژوهش-های زراعی ایران، جلد ۳، شماره ۱: ص ۱۴-۱.

پورصالح، م. ۱۳۷۳. غلات. نشر سپهر. ۱۷۶ صفحه.

جلالی، م. و کلاه‌چی، ز. ۱۳۸۴. فراهمی فسفر خاک در اثر افزودن مقادیر مختلف کود فسفری در خاک‌های استان همدان. مجله علوم خاک و آب. ۱(۱۹): ۱۲-۲۱.

جیحونی، م.۱۳۸۹. بررسی جامع مواد هیومیکی و کاربرد آن‌ها در کشاورزی. نشریه فنی. ۳(۱): ۱-۲۰.

جنوبی، پ. و دانشیان، ج. ۱۳۸۵. تأثیر کاربرد فسفر بر خصوصیات رویشی و زراعی سویا در شرایط خشکی. فصلنامه علمی پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان. ۱(۱): ۵.

حسن زاده، ا.، مظاهری، د.، چایی‌چی، م. ر. و خاوازی، ک. ۱۳۸۶. کارایی مصرف باکتری‌های تسهیل کننده جذب فسفر و کود شیمیایی فسفر بر عملکرد و اجزا عملکرد جو. مجله پژوهش و سازندگی (زراعت و باغبانی). ۱(۷۷): ۱۱۱.

خاوازی، ک.، اسدی رحمانی، ه. و ملکوتی، م. ج. ۱۳۸۴. ضرورت تولید صنعتی کودهای بیولوژیک در کشور. چاپ دوم، موسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، وزارت جهاد کشاورزی، ۴۳۹ صفحه.

خدابنده، ن. ۱۳۷۷. غلات، انتشارات دانشگاه تهران، چاپ دهم.

خواجه پور، م. ۱۳۸۰. اصول ومبانی زراعت غلات (نگارش دوم) انتشارات جهاد دانشگاهی واحد دانشگاه اصفهان.

داعی، م. ع. ۱۳۸۹. اسید هیومیک و نقش آن در کشاورزی پایدار. اولین همایش کشاورزی پایدار و تولید محصول.

راشد محصل، م. ح.، نجفی، ح. و اکبرزاده، م. ۱۳۸۰. بیولوژی وکنترل علف‌های هرز، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۴۰۴ صفحه.

راثی‌پور، ل. ۱۳۸۱. بررسی اثرات متقابل میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات و باکتری بردی ریزوبیوم ژاپونیکوم بر عملکرد و جذب فسفر در سویا. پایان نامه ارشد. دانشکده کشاورزی. دانشگاه تبریز.

رفیعی، م.، نادیان، ح. ا، نورمحمدی، ق. و کریمی، م. ۱۳۸۳. اثرات تنش خشکی و مقادیر روی و فسفر بر غلظت و کل جذب عناصر در ذرت. مجله علوم کشاورزی ایران. ۱(۳۵): ۲۳۵.

روستا، م. ۱۳۷۵. فراوانی و فعالیت آزوسپریلیوم در برخی خاک‌های ایران. دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران.

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.

سیلسپور، م. ۱۳۸۲. مطالعه مزرعه ای اثربخشی کود میکروبی فسفاته حاوی میکروارگانیسم های حل کننده فسفات در کاهش مصرف کودهای شیمیائی فسفره در زراعت پنبه. خلاصه مقالات سومین همایش ملی توسعه ی کاربرد مواد بیولوژیک و استفاده بهینه از کود وسم در کشاورزی. ص.۲۹۰. نشر آموزش کشاورزی. کرج، ایران.

سبزواری، س.، خزاعی، ح. ر. و کافی، م. ۱۳۸۸. اثر اسید هیومیک بر رشد ریشه و بخش هوایی ارقام سایونز و سبلان گندم. مجله آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۳(۲): ۸۷-۹۴.

سبزواری، س. و خزاعی، ح. ر. ۱۳۸۸. اثر محلول پاشی سطوح مختلف اسید هیومیک بر خصوصیات رشدی، عملکرد و اجزاء عملکرد گندم رقم پیشتاز. ۱(۲): ۵۳-۶۳.

شفاعتی، ف.، اسماعیلی، م. ع.، پیردشتی، ه. ا. و عباسیان، ا. ۱۳۸۹. اثرات کاربرد کودهای شیمیایی و باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد جو. یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. دانشگاه شهید بهشتی تهران.

صالحی، ب.، باقر زاده، ع. و قاسمی، م. ۱۳۸۹. تاثیر ماده آلی اسید هیومیک بر ویژگی‌های رشد، عملکرد واجزای عملکرد سه رقم گوجه فرنگی. ۲(۴): ۶۴۰-۶۷۴.

ضرابی، م.، دادی، ا.، اکبری، غ.، ایران نژاد، ح. و اکبری، غ. ۱۳۸۹. کاهش اثرات ناشی از تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای با استفاده از ترکیب کودهای زیستی و فسفر. مجله به زراعی کشاورزی. ۱۲(۲): ۳۷-۵۰.

علیزاده اسکوئی، پ. ۱۳۸۰. تأثیر قارچ‌های میکوریز VA بر عملکرد، جذب P، Fe، Mn و غلظت ویتامین C میوه گوجه‌فرنگی در سطوح مختلف فسفر. پایان نامه ارشد. دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.

فتحی، ا.، فرنیا، ا. و ملکی، ع. ۱۳۹۵. اثر کودهای بیولوژیک نیتروژن و فسفر بر خصوصیات رویشی، ماده خشک و عملکرد ذرت. نشریه زراعت (پژوهش و سازندگی). ۱۱۰: ۱-۱۰.

فرقانی، ا. و جوانمرد، ا. ۱۳۸۴. اثر مواد افزودنی مختلف بر مقدار اسید هیومیک و فولویک در خاک-های مختلف. نهمین کنگره علوم خاک ایران.

قربانی، ص.، خزاعی، ح. ر.، کافی، م. و بنایان اول، م. ۱۳۸۹. اثر کاربرد اسید هیومیک در آب آبیاری بر عملکرد واجزاء عملکرد ذرت. نشریه بوم شناسی کشاورزی. ۲(۱): ۱۱۱-۱۱۸.

قربانی، ص.، خزاعی، ح.، کافی، م.، بنایان اول، م. و صادقی شعاع، م. ۱۳۹۳. تاثیر محلول پاشی سطوح مختلف اسید هیومیک بر عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص‌های رشدی ذرت. مجله پژوهش-های زراعی. ۵(۴): ۳۲۵-۳۳۸.

قربانی، ص.، خزاعی، ح.ر.، کافی، م.ح.، بنایان اول، م. و صادقی، م. ۱۳۹۲. تاثیر محلول پاشی سطوح مختلف اسید هیومیک بر عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص‌های رشدی ذرت. مجله پژوهش-های به زراعی. ۵(۴): ۳۲۶-۳۳۷.

قطب شریف، ج.، اسدی رحمانی، ه. و شفیعی، م. ۱۳۸۲. بررسی پراکنش باکتری‌های *Pseudomonas* فلورسنت، *Azotobacter* و *Azospirillum* در برخی خاک‌های زراعی استان تهران و توان تولید هورمون‌های محرک رشد گیاه و حل کنندگی فسفر نامحلول معدنی و آلی توسط آن‌ها. خلاصه مقالات سومین همایش ملی توسعه ی کاربرد مواد بیولوژیک و استفاده بهینه از کود وسم در کشاورزی. ص.۳۰۵. نشر آموزش کشاورزی. کرج، ایران.

قورچیانی، م.، علیخانی، ح.، اکبری، غ.، زارعی، م. و دادی، ا. ۱۳۹۱. تاثیر باکتری حل کننده فسفات، قارچ میکوریزا آرباسکولار و کود شیمیایی فسفر بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ذرت در شرایط آبیاری معمول و کم آبیاری. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. ۱۰(۱): ۲۱۴-۲۲۴.

قورچی، ت. ۱۳۷۴. تعیین ترکیبات شیمیایی و قابلیت هضم گیاهان غالب مراتع اصفهان. پایان نامه کارشناسی ارشد دامپروری. دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان.

قول لرعطا، م. ۱۳۸۴. اثر تلقیح میکوریزایی بر عملکرد شبدر برسیم و جذب عناصر غذایی در سطوح مختلف شوری و فسفر خاک. پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد.

کاظمی، ش.، آذر آبادی، س.، رحیم زاده، ف.، نظری، ن. و مردان، ر. ۱۳۹۱. تأثیر سطوح مختلف کود سوپرفسفات تریپل بر عملکرد دانه و صفات مورفولوژیک ذرت. اولین همایش ملی مباحث نوین در کشاورزی. دانشگاه ساری.

کریمی، ه. ۱۳۸۳. گیاهان زراعی. انتشارات دانشگاه تهران.

کوچکی، ع. و سرمدنیا، غ. ۱۳۸۵. فیزیولوژی گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۲۳ صفحه.

کیانی راد، م. ۱۳۷۴. بررسی میکروارگانیسم‌های حل کننده فسفات و تـأثیر آنهـا در کـاهش مصـرف کودهای فسفره در کشت سویا. پایان نامه ارشد. دانشکده کشاورزی. دانشگاه تهران، کرج.

لطف الهی، م.، ملکـوتی، م. ج.، خـاوازی، ک. و بشـارتی، ح. ۱۳۸۳. ارزیـابی روشـهای مصـرف مستقیم خاک فسفات در افزایش عملکرد ذرت علوفه‌ای در کـرج. مؤسسـه تحقیقـات خـاک و آب. ص ۸۹-۹۵.

مجدم، م.، دشتی، م. و دروگر، ن. ۱۳۹۵. بررسی اثر کاربرد اسید هیومیک و کود نیتروژن بر خصوصیات کمی و کیفی و کارایی مصرف نیتروژن ذرت بهاره. مجله پژوهش‌های زراعی. ۸(۱): ۴۳-۵۱.

مدرسی، م.، خردنام، م. و آساد، م.ت. ۱۳۸۳. انتخاب غیر مستقیم ذرت با استفاده از شاخص‌هـای انتخاب به منظور افزایش عملکرد دانه. مجله علوم کشاورزی ایران. ۳۵(۱): ۱۱۵-۱۲۵.

مدنی، ح.، ملبوبی، م.، نوشاد، ح.، گوهری، ج. ۱۳۸۲. تاثیر کود زیستی بارور ۲ بر عملکرد و سایر خصوصیات زراعی چغندرقند. خلاصه مقالات سومین همایش ملی توسعه‌ی کاربرد مواد بیولوژیک و استفاده بهینه از کود و سم در کشاورزی. ص۳۴۱. نشر آموزش کشاورزی. کرج، ایران.

مدنی، ح.، ملبوبی، م.، حسن آبادی، ح. ۱۳۸۲. تاثیر کود زیستی بارور ۲ بر عملکرد و سایر خصوصیات زراعی سیب زمینی (رقم آگریا). خلاصه مقالات سومین همایش ملی توسعه‌ی کاربرد مواد بیولوژیک و استفاده بهینه از کود وسم در کشاورزی. ص۳۳۵. نشر آموزش کشاورزی. کرج، ایران.

ملبوبی، م. ع. ۱۳۸۳. زراعت گندم. جو با استفاده از کود زیستی فسفاته بارور-۲. انتشارات استاد ملبوبی. شماره ۱.

ملکوتی، م. ج. و نفیسی م. ۱۳۸۳. مصرف کود در اراضی زراعی فاریاب و دیم. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. چاپ دوم. ۳۴۲ صفحه.

مهتدی، م.، میر هادی، م.، چراتی، ع. و بهادری، م. ۱۳۹۴. بررسی اثرات کودهای زیستی حاوی باکتری‌های تثبیت کننده غیر همزیست نیتروژن و حل کننده فسفات بر روی صفات کمی و کیفی گندم. نشریه پژوهش های زراعی. ۱۳(۴): ۷۰۰-۷۱۴.

ملکوتی م. ج. و همایی، م. ۱۳۷۳. حاصل‌خیزی خاک‌های مناطق خشک مشکلات و راه‌حل‌ها. چاپ اول، انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، ۴۹۴ صفحه.

یساری، ا. ۱۳۹۲. بررسی اثرات باکتری‌های حل کننده فسفات به عنوان کودهای بیولوژیک و فسفر معدنی بر رشد و عملکرد سویا در شمال ایران. نشریه تحقیقات کاربردی اکوفیزیولوژی گیاهان. ۱(۱): ۱-۱۰.

Astaraei, A. R. and Ivani, R. 2008. Effect of organic sources as foliar spray and root madia on nutrition in cowpea plant. American-Eurasian J. of Agri. and Environ. Sci. 3: 352-356

Atiyeh, R.M., Lee S. and Edwards C.A. 2002. The influence of humic acids derived from eartworm- processed organic wastes on plant growth. Biore. Thechnol. 84: 7-14.

Afzal, A. and Bano, A. 2008. Rhizobium and phosphate solubilizing bacteria improve the yield and phosphorus uptake in wheat (*Triticum aestivum* L.). Int. J. Agri. Biol., 10, 1, pp 85.

Ahmed, A. and Hasnain, S. 2008. Auxin producing *Bacillus sp.*: auxin quantification and effect on the growth of *Solanum tuberosum*. J. Biotechnol., 136, pp 766.

Alam S., Khalil S., Ayub N. and Rashid M. 2002. In vitro solubilization of inorganic phosphate by phosphate solubilizing microorganism (PSM) from maize rhizosphere. Int. J. Agri. Biol., 4, pp 454.

Albayrak, S. and N. Camas. 2005. Effect of different levels and application times of humic acid on root and leaf yield and yield component of forage turpin (*Brassica rapa* L). J. of Agronomy. 42: 130-133.

Amoaghaei, R., Mostajeran, A., and Emtiazi, G. 2003. Effect of strain and concentration of Azospirillum on the root growth wheat varieties. Journal of Agricultural Science. VOL, 33(2): 213-222.

Antoun, H. 2002. Field and greenhouse trials performed with phosphate solubilizing bacteria and fungi. Proceedings of the 15th International Meeting on Microbial Phosphate Solubilization. Salamanca University.

Auge, R.M. 2001. Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. Mycorrhiza. 11: 3–42.

Ashraf, M., Museen-Ud-Din, M. and Warraich, N. H. 2003. Production efficiency of mung bean (*Vigna radiate* L.) as effected by seed inoculation and NPK application. Int. J. Agri. Biol. 5(2): 179.

Ayas, H. and Gulser, F. 2005. The effect of sulfur and humic acid on yield components and macronutrient contents of spinach. Journal of biological sciences 5 (6): 801- 804.

Bagyako, M., Georg, E., Romheld, V. and Buerkert, A. 2000. Effects of mycorrhizal fungi and phosphorus on growth and nutrient uptake of millet, cow pea and sorghum in West African" **Soil J. Agri. Sci.**, **135**, pp **399**.

Biswas, J.C. Ladha, J.K. and Dazzo, F.B. 2000. Rhizobia inoculation improves nutrient uptake and growth of lowland rice. Soil Sci. Soc. Am. J. 64: 1644–1650.

Bloemberg, G. V., and Lugtenberg, B. J. J. 2001. Molecular basis of plant growth promotion and biocontrol by rhizobacteria. Curr. Opin. Plant Biol. 4:343-350.

Bradford, M.M. 1996. A rapid and sensitive method for quantitation of microgram of protein utilizing the principle of protein dye binding. Anal. Biochem. 72: 248-254.

Chen Y. P., Rekha P. D., Arunshen A. B., Lai W. A. and Young C. C. 2006. Phosphate solubilizing bacteria from subtropical soil and their tricalcium phosphate solubilizing abilities. Appl. Soil Ecol. 34.

Day, B. 2000. Modified atmosphere packaging of selected prepared fruits and vegetables.InP. Zeuthen (Ed.), Processing and quality of foods, Vol. 3.Chilled foods the revolutionin freshness. London: Elsevier.PP. 230–233.

Deubel, A. and Merbach, W. 2005. Influence of microorganisms on phosphorus bioavailability in soils, pp 62 In: Microorganisms in soils: roles in genesis and functions Buscot F. and Varma A. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, Germany.

Dey, R., Pal, K. K., Bhatt, D. M. and Chauhan, S. M. 2004. Growth promotion and yield enhancement of peanut (*Arachis hypogaea* L.) by application of plant growth promoting rhizobacteria. Microbiol. Res., 159, pp 371.

Ebrahimi, S., Iran Nejad, H., Shirani Rad, A.H., Akbari, G.A., Amiry, R. and Modarres Sanavy, S.A.M. 2007. Effect of Azotobacter chroococcum Application on Quantity and Quality Forage of Rapeseed Cultivars. Pakistan Journal of Biological Sciences. 10: 3126-3130.

Ehteshami, S. M. R. 2008. Effect of phosphate biofertilizers on quantitative and qualitative indices of grain corn (Zea mays L.) under water deficit stress. Ph.D Thesis, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran.

Ekin, Z. 2010. Performance of phosphate solubilizing bacteria for improving growth and yield of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) in the presence of phosphorus fertilizer. African journal of Biotechnology., 35:6794-6800.

Fallah, A. 2006. Abundance and distribution of phosphate solubilizing bacteria and fungi in some soil samples from north of Iran" 18th World Congress of Soil Science, Philadelphia, Pennsylvania, USA.

F.A.O. Production year book. 2010. Food and Aricultural organization of united Nation, Rome, Italy, 51:209 p.

Fateh, E. 2009. Effect of soil fertility different systems (organic, integrated and chemical) on forage yield and medical characteristics of kangar. Ph.D Thesis, Tehran University, Iran.

Fikrettin, S., Ramazan, A., Cakmakci, K. 2004. Sugar beet and barley yields in relation to noculation with N2-fixing and phosphate solubilizing bacteria. Plant and Soil 265: 123–129.

Ghorbani, S., Khazaeei, H. R., Kafi, M., and Banayan aval, M. 2010. Effects of humic acid on yield and yield components of maize. Journal of Agroecology 2 (1): 111-118. (in Persian with English abstract).

Gull, M., Hafeez, F. Y., Saleem, M. and Malik, K. A. 2004. Phosphorus uptake and growth promotion of chickpea by co-inoculation of mineral phosphate solubilizing bacteria and a mixed rhizobial culture. Aust. J. Exp. Agr. 44. pp 623.

Gutierrez-Manero, F. J., Ramos-Solano, B., Probanza, A., Mehouachi, J., Tadeo, F. R. and Talon, M. 2001. The plantgrowth-promoting Rhizobacteria Bacillus pumilus and Bacillus licheniformis produce high amounts of physiologically active gibberellins. Plant Physiology, 111: 206–211.

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

Hamidi, A., Asgharzadeh, H., Chokan, R., DehghanShoar, M., Ghalavand, A., and Malakoty, M.J. 2007. Study on Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) Biofertilizers Application in Maize (*Zea mays* L.) Cultivation by Adequate Input. Environmental Scienc. Vol,4. 11

Hao, X., Cho, C. M., Racz, G. J. and Chang, C. 2002. Chemical retardation of phosphate diffusion in an acid soil as affected by liming. Nutr. Cycl. Agroecosys. 64, pp 213.

I**slam, M., Ali, S. and Hayat, R. 2009.** Effect of integrated application of phosphorus and sulphur on yield and micronutrient uptake by Chick pea (*Cicer arietinum*). Int. J. Agri. Biol.11(1): pp 33.

Jones, D. G., and Lewis, D. M. 2000. Rhizobium inoculation of crops plants. In: Exploitation of micro-organisms. Jones, D. G. (Eds.). Chapman and Hall, London. 112: 197-224. 16.

Kaya, M., Atak M., Khawar K.M., Ciftci C.Y., and Ozcan S. 2005. Effect of pre-sowing Seed treatment with Zinc and foliar Spray of humic acids on yield of common bean (Phaseolus vulgaris L.). International J. of Agric. And Biol, 875–878.

Khan, M. S., Zaidi, A. and Wani, P. A. 2007a. Role of phosphate solubilizing microorganisms in sustainable agriculture - A review. Agron. Sustain. Dev. 27. pp 29.

Khan K. S. and Joergensen R. G. 2009. Changes in microbial biomass and P fractions in biogenic household waste compost amended with inorganic P fertilizers. Bioresource. Technol. 100. pp 303.

Kumar, B., Trivedi, P. and Pandey, A. 2007. *Pseudomonas corrugata*: a suitable bacterial inoculant for maize grown under rainfed conditions of Himalayan region. Soil Biol. Biochem. 39. pp 309.

Karakurt, Y., Unlu, H., and Padem, H. 2009. The influence of foliar and soli fertiizationn of humic acid on yeild and quality of pepper. Plant soli science. 59(3): 233-237.

Khaled, H. and Fawy, H. A. 2011. Effect Of Different Levels Of Humic Acids On The Nutrient Content, Plant Growth, And Soil Properties Under Conditions Of Salinity. Soil and Water Res., 6, (1): 21-29.

Lugtenberg, B. J. J., Dekkers, L., and Bloemberg, G. V. 2001. Molecular determinants of rhizosphere colonization by Pseudomonas. Ann. Rev. Phytopathol. 38:461-490.

Mackowiak, C.L., Grossl, P.R. and Bugbee, B.G. 2001. Beneficial effects of humic acid on micronutrient availability to wheat. Soil Science Soc Am. J. 65:1744–1750.

Mehrvarz, S., Chaichi, M. R. and Alikhani, H. A. 2008. Effects of phosphate solubilizing microorganisms and phosphorus chemical fertilizer on yield and yield components of barely (*Hordeum vulgare* L.). Am-Euras. J. Agric. & Environ. Sci., 3, 6, 822.

Mirik, M., Aysan, Y. and Cinar, O. **2008**. Biological control of bacterial spot disease of pepper with *Bacillus* strains. Turk. J. Agric. For. 32. pp 381.

Mortredt, J, Johnson, L. and Croissant, R. 2006. FERTILIZING CORN Colorado state university cooperative Extension. CROP SFRIS Journal 20: 543- 548.

Nardi, S., Pizeghello, D., Muscolo, A. and Vianelo, A. 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. Soil biology and biochemistry. 34: 1527-1536.

Neri, D., Lodolini, E. M., Luciano, M., Sabbatini, P., And Savini, G. 2002. The Persistence of Humic Acid Droplets on Leaf Surface. International Symposium on Foliar Nutrition of Perennial Fruit Plants, ISHS Acta Horticulturae 594: 303-314.

Perez, E., Sulbaran, M. Ball, M.M. and Yarzabal, L. A. 2007. Isolation and characterization of mineral phosphate solubilizing bacteria naturally colonizing a limonitic crust in the south-eastern Venezuelan region. Soil Biol. Biochem. 39. Pp: 2905.

Ulukan, H. 2008. Effect of Soil Applied Humic Acid at Different Sowing Time on Some Yield Components in Wheat (*Triticum Spp.*) Hybrids. International J. of Botany, 4: 164-175.

Pinton, R., Cesco, S., Iacolettig, G., Astolfi, S. and Varanini, Z. 2000. Modulation of NO3- uptake by water-extractable humic substances: involvement of root plasma membrane H+ATPase. Plant and soil. 215:155-161.

Poonguzhali, S., Madhaiyan, M., Thangaraju, M., Ryu, J., Chung, K. and Sa, T. 2005. Effect of co cultures, containing Nfixer and P solubilizer, on the growth and yield of pearl millet (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) and Blackgram (*Vigna mungo* L.). J. Microbiol. Biotech., 15. pp 903.

Rudresh D. L., Shivaprakash M. K. and Prasad R. D. 2005. Efffect of combined application of *Rhizobium*, phosphate bacterium and *Trichoderma* spp. On growth, nutrient uptake and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Appl. Soil Ecol., 28, pp 139.

Sabzevari, S. and Khazaee, H.R. 2009. Effects of humic acid foliar application on growth characters, yield and yield components of wheat. Var. pishtaz. Agricultural ecology. 1: 53- 63.

Sebahattin, A., Necdet, C. 2005. Effects of different levels and application times of humic acid on root and leafyield and yield components of forage Turnip (*Brassica rapa* L.) .Agronomy. J. 4: 130-133.

Serenella, N., pizzeghelloa, D., muscolob, A. and vianello, A. 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. Soil biology & biochemistry. 34(1): 1527-1536.

Shaharoona, B., Arshad, M. and Zahir, Z. A. 2006b. Effect of plant growth promoting rhizobacteria containing ACC-deaminase on maize (*Zea mays* L.) growth under axenic conditions and on nodulation of mungbean (*Vigna radiata*). Lett. Appl. Microbiol., 42, pp 155.

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

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. Plant Analysis. 33: 3567–3580.

Shaukat, K., Afrasayad, S., and Hasan, S. 2006. growth responses of Helianthus annus to plant growth promoting rhizobacteria used as a biofertilizer. J. Agri. Research. 1: 573-581.

Sharma, A.K. 2002. Biofertilizer for Sustainable Agriculture. 1nd edition. Jodhpur: Agrobios, India. 45 p.

Sharif, M. 2002. Effect Of Lignitic Coal Derived Humic Acid On Growth And Yield Of Wheat And Maiz In Alkaline Soil. Ph. S. Thesis, Fac. Crop Production Sci., Nwep Agric. Univ., Pakistan.

Sebahattin, A. and Necdet, C. 2005. Effect of different levels and application times of humic acid on root and leaf yield and yield components of forage turnip. J. Agron. 4:130-133.

Tan, K.H. 2003. Humic matter in soil and the environment. Marcel deker, New York.

Togay, N., Togay, Y., Cimrin, K. M. and Turan, M. 2008. Effects of *rhizobium* inoculation, sulfur and phosphorus applications on yield, yield components and nutrient uptakes in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Afr. J. Biotechnol., 7, 6, pp 776.

Turkmen, O., Dursun, A., Turan, M. and Eric, C. 2004. Calcium and humic acid affect seed germination, growth, and nutrient content of tomato. Acta Agriculture Scandinavia, soil and plant science. 54: 168 – 174**.**

Turk, M. A. and Tawaha, A. R. M. 2002. Impact of seeding rate, seeding date, rate and method of phosphorus application in faba bean (*Vicia faba* L. minor) in the absence moisture strees. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 6-3: pp 171.

Vance, C. P. Uhde-Stone, C. and Allan, D. L. 2003. Phosphorus acquisition and use: critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource. New Phytol. 157. pp 423.

Wagar, A., Shahroona, B., Zahir, Z. A. and Arshad, M. 2004. Inoculation with Acc deaminas containing rhizobacteria for improvming growth and yield of wheat. Pak. J. Agri., 41. pp 119.

West, C.P., Walker, D.W., Bacon, R.K., Longer, D.E., and Turner, K.E. 1991. Phenological analysis of forage yield and quality in winter wheat. J. Agron. 83: 217-224.

Whitelaw, M. A. 2000. Growth promotion of plants inoculated with phosphate solubilizing fungi Adv. Agron.,69. pp 99.

Yahya, A. J., and Al-Azawi, S. K. 2010. Occurrence of phosphate solubilizing bacteriya in some Iraq soils. Plant and Soil., 117:135-141

Weinberg, Z. G. Bar-Tal, A. Chen, Y., Gamburg, M., Brener, S., Dvash, L., Markovitz, T. and Landau, S. 2007. The effects of irrigation and nitrogen fertilization on the ensiling of safflower (*Carthamus tinctorius*). Animal Feed Science and Technology. 134: 152–161 .

Yazdani, M., Pirdashti, H., Esmaeili, M. A., Bahman Yar, M. A. 2010. Effect of inoculation phosphate solubilization microorganisms (PSM) and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on nutrient use efficiency in corn (Zea mays L.) cultivation. Electronic Journal of Crop Production, 3(2):65-80.

Zahir, A. Z., Abbas, S. A., Khalid, A., and Arshad, M. 2000. Substrate depended microbally derived plant hormones for improving growth of maize seedlings. Pakistan. J. of Bio. Scionce. 3:289-291.

Zhang, X., Ervin, E. H. and Schmidt, R. E. 2003. Physiological Effect of Liquid Applications of a Seaweed Extracts and Humic Acid on Creeping. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 128(4): 492-496.

Abstract

In order to investigate the effect of phosphate solulolizing bacteria, humic acid and phosphorus fertilizer on corn, a test was carried out in a research field of Semnan Agricultural Research Center (Shahrood) in Shahrood, in 2016-2017. The experiment was conducted as factorial in randomized complete block design with 3 replications. The first factor was used in 4 levels of soil phosphate solulolizing bacterial isolates, based on the recommendations of the Soil and Water Research Institute and under the names B0, B1, B2, B3.The second factor was the two levels of application of fertilizer, triple superphosphate (including P0: without phosphate fertilizer, P1: 100% recommendation based on soil test) and third factor in two levels of humic acid consumption including C0: without use Humic acid and C1: consuming 100% of the recommended amount of humic acid.The results of this experiment showed that stem diameter, leaf area and biological yield of corn fodder increased with phosphate solulolizing bacteria.Triple superphosphate fertilization also improved biological yield. Plants that received humic acid showed higher leaf area and biological yield. In this research, the interactions of phosphorous fertilizer and B3 bacteria showed higher elevation, and the triple interaction effects of the factors tested showed the highest fresh weight.The effect of qualitative traits showed that only phosphorus levels increased under the influence of phosphate solubilizing bacteria.
Keywords: Humic acid, phosphate solulolizing bacteria, corn, phosphorus fertilizer.

Shahrood University of Technology

Faculty of Agriculture

M.Sc. Thesis in Agroecology

The effect of phosphate solulolizing rhizobacteria (PSB) and humic acid on yield and forage quality of corn (*Zea mays*)

By: Hamid Shanian

Supervisor

Dr. Hamid Reza Asghari

Advisor

Farhad Taghipoor

May 2018