بسم الله الرحمن الرحيم

دانشکده مهندسی کشاورزی

رشته زراعت گرایش اگرواکولوژی

پایان نامه کارشناسی ارشد

تاثیر کودهای زیستی و نانو کود کلاته آهن به دو صورت محلول پاشی و کاربرد در خاک بر خصوصیات کمی و کیفی ذرت(*Zea mays* L.)

نگارنده : **اسماعیل سلمانپور منصورآباد**

استاد راهنما :

دکتر مصطفی حیدری

اساتید مشاور :

دکتر حمیدرضا اصغری

دکتر هادی قربانی

مهر ۱۳۹۵

پیوست شماره ۲

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده کشاورزی

گروه :

پایان نامه کارشناسی ارشد **آقای اسماعیل سلمانپور منصورآباد** به شماره دانشجویی: **۹۳۰۹۵۹۴** تحت عنوان: **تاثیر کودهای زیستی و نانو کود کلاته آهن به دو صورت محلول پاشی و کاربرد در خاک بر خصوصیات کمی و کیفی ذرت** در تاریخ ۱۳۹۵/۷/۱۹ توسط کمیته تخصصی زیر جهت اخذ مدرک کارشناسی ارشد مورد ارزیابی و با درجه ..... مورد پذیرش قرار گرفت.

اساتید راهنما	امضاء	اساتید مشاور	امضاء
نام و نام خانوادگی : دکتر مصطفی حیدری		نام و نام خانوادگی : دکتر حمیدرضا اصغری	
نام و نام خانوادگی :		نام و نام خانوادگی : دکتر هادی قربانی	

اساتید داور	امضاء	نماینده تحصیلات تکمیلی	امضاء
نام و نام خانوادگی : دکتر منوچهر قلی پور		نام و نام خانوادگی : دکتر امین ابراهیمی	
نام و نام خانوادگی : دکتر حمید عباسدخت			

تقدیم به :

آینه ی افتادگی و صلابت پدرم

و تندیس سادگی و نجابت مادرم

این دو ساعی که نیاسودند تا بیاسایم

این دو الهه ای که وجودشان برایم همه مهر بود

برادرانم همراهان همیشگی و پشتوانه ی زندگیم

خواهرم دل انگیزترین رایحه مهر در زندگیم

قدردانی و تشکر

سپاس خداوند متعال را که مرا خلق نمود و به من توفیق زنده بودن و سربلند زیستن را عطا فرمود. سپاس می گویم او را که به من توفیق تحصیل تا مراحل عالیه را عطا فرمود و در این واپسین روزهایی که از تحصیلات من در دوره کارشناسی ارشد مانده از او تمنا دارم که مرا تا پایان این راه مقدس یاری فرماید و تنها اوست که می توانم برش تکیه نمایم و از او یاری خواهم. اوست سزاوار ستایش و هر آن نعمتی که به ما ارزانی داشته، اعم از نعمت های مادی و معنوی ،که جملگی جای شکر و تقدیر دارند. امیدوارم بتوانم در این عمر باقی ذره ای از شکر آن همه نعمت را به جا آورم و بتوانم برای او در رکاب او قدم بردارم . از او می خواهم که مرا در ادامه راه یاری رساند. اکنون که خداوند متعال بر بنده حقیر خود منت نهاده و از سر لطف و کرم مرا لایق فراگیری علم قرار داده، چنانچه این مختصر تلاشم شایسته ارزی باشد، شایسته تر آن است که زحمات استاد بزرگوارم **جناب آقای دکتر مصطفی حیدری** را ارج نهم که در سایه راهنمایی های عالمانه، سعی و تلاش بی حد و حصرشان، دلسوزی های صبورانه و همکاری های بی دریغشان، این بار گران به منزل رسید.

صمیمانه ترین مراتب و قدردانی خود را از اساتید مشاور **آقای دکتر حمیدرضا اصغری و دکتر هادی قربانی** که شاگردی در محضرشان کمال امتنان است، ابراز می دارم. از محضر اساتید محترم داور آقای **دکتر قلی پور، دکتر عباسدخت** و نیز سایر اساتید بزرگوار گروه زراعت تشکر می کنم.

از دوستان و هم کلاسی های بسیار خوبم آقای امین حبیبی، مسعود وافی، حسین احمدی، مجید صالحی و خانم ها الهه برادران نجار، الهه عزیزان، فرشته مختاری ، نرگس رشیدی، که جای جای این پایان نامه نشانی از حضور پاک و صمیمی آنهاست، قدردانی می کنم. و همچنین از سرکار خانم مهندس آموزگار، کارشناسان و کارکنان بخش مزرعه سپاسگزارم.

از پدربزرگ، پدر، مادر، برادرانم و خواهر عزیزم که با فراهم آوردن محیطی آرام و صمیمی پیمودن این راه را برایم آسان کردند، متشکرم.

اسماعیل سلمانپور منصورآباد

شهریور ماه ۱۳۹۵

تعهد نامه

اینجانب **اسماعیل سلمانپور منصورآباد** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته **مهندسی کشاورزی-کشاورزی اکولوژیک** دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود نویسنده پایان نامه **تاثیر کودهای زیستی و نانو کود کلاته آهن به دو صورت محلول پاشی و کاربرد در خاک بر خصوصیات کمی و کیفی ذرت** تحت راهنمائی جناب آقای دکتر مصطفی حیدری متعهد می شوم.

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

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

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

چکیده:

آلودگی‌های زیست محیطی به دلیل استفاده بی رویه از نهاده‌های شیمیایی تا حدی سلامت جوامع انسانی را به خطر انداخته است. امروزه تلاش‌های گسترده‌ای، جهت یافتن راهکارهای مناسب برای بهبود کیفیت خاک ، محصولات کشاورزی و حذف آلاینده‌ها آغاز شده است. از اینرو به منظور بررسی اثر کود-های زیستی باکتریایی و کلات آهن بر خصوصیات کمی و کیفی ذرت (رقم سینگل کراس۷۰۴) آزمایشی به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل سه سطح کود زیستی باکتریایی (شاهد، ازتوباکتر کروکوکوم، آزوسپیریلوم برازیلنس به عنوان عامل اول و کود کلات آهن شامل: شاهد (بدون مصرف هیچ نوع کود)، کلات آهن معمولی خاک مصرف، کلات آهن معمولی محلول‌پاشی، نانو کلات آهن خاک مصرف، نانو کلات آهن محلول‌پاشی به عنوان عامل دوم بودند. نتایج نشان داد که اثر متقابل تیمار کود زیستی باکتریایی و کلات آهن بر عملکرد دانه، فعالیت آنزیم‌های گایاکول پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز، آهن دانه و برگ و پروتئین دانه معنی‌دار بود. به طوری‌که بیشترین عملکرد دانه، بالاترین میزان آهن دانه و برگ و درصد پروتئین دانه و نیز بیشترین میزان فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز از ترکیب تیماری آزوسپیریلوم به همراه محلول پاشی نانو کلات آهن حاصل شد. در این آزمایش اثرات اصلی تیمار کود زیستی و نانو کلات آهن تاثیر معنی‌داری بر مقادیر کلروفیل a، کلروفیلb و عملکرد بیولوژیک داشت، بطوریکه بیشترین مقادیر آنها از تیمار باکتری آزسپیریلوم و نانو کلات آهن بصورت محلول‌پاشی حاصل شد. در بین تیمارهای این آزمایش نانو کلات آهن بصورت محلول‌پاشی به صورت معنی‌داری سبب افزایش مقادیر وزن هزار دانه، ارتفاع بوته، تعداد دانه در ردیف و تعداد ردیف در بلال شد. با توجه به نتایج حاصله، در مجموع می‌توان گفت ترکیب تیماری باکتری آزوسپیریلوم و محلول‌پاشی نانو کلات آهن نسبت به سایر تیمارها از کارایی بهتری در گیاه ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ برخودار بود و قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: کود زیستی، نانو کلات، ازتوباکتر کروکوکوم، آزوسپیریلوم برازیلنس، عملکرد بیولوژیک

لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

۱- تاثیر کودهای زیستی و نانو کود کلات آهن به صورت محلول‌پاشی و کاربرد در خاک بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت (*Zea mays* L.) . دومین کنگره بین‌المللی و چهاردهمین کنگره ملی علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران –گیلان- دانشگاه گیلان، شهرور ماه ۱۳۹۵.

۲- بررسی تاثیر ازتوباکتر و آزسپیریلوم به همراه مصرف کود نانو کلات آهن بر میزان برخی از عناصر پر مصرف و کم مصرف در برگ و دانه ذرت (*Zea mays* L.) . دومین کنگره بین‌المللی و چهاردهمین کنگره ملی علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران –گیلان- دانشگاه گیلان، شهریور ماه ۱۳۹۵.

۳- تاثیر کود های زیستی و نانو کود کلات آهن به دو صورت محلول پاشی وکاربرد در خاک بر محتوای رنگدانه های فتوسنتزی ذرت (*Zea mays* L.) . همایش ملی الکترونیکی پدافند غیرعامل در بخش کشاورزی- خوزستان- دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین ، خرداد ماه ۱۳۹۵.

۴- تاثیر کودهای زیستی به همراه مصرف کود کلات آهن بر فعالیت برخی از آنزیم‌های آنتی اکسیدان در گیاه ذرت (*Zea mays* L.) . همایش ملی یافته‌های پژوهش و فناوری در اکوسیستم‌های طبیعی و کشاورزی-تهران-دانشگاه تهران، شهریور ۱۳۹۵.

فهرست مطالب

عنوان صفحه

فصل اول

مقدمه.....۱

فصل دوم

بررسی منابع ۷

۲-۱- ذرت.....۸

۲-۱-۱- گیاه شناسی ذرت.....۹

۲-۱-۱-۱- ریشه.....۱۰

۲-۱-۱-۲-ساقه.....۱۰

۲-۱-۱-۳- برگ.....۱۱

۲-۱-۱-۴-گل آذین ۱۱

۲-۱-۲- روش و زمان کاشت ذرت.....۱۲

۲-۱-۲-۱- زمان کاشت ذرت.....۱۲

۲-۱-۲-۲-کاشت ذرت.....۱۲

۲-۱-۲-۳- تاریخ بذرکاری.....۱۲

۲-۱-۲-۴- تراکم بوته.....۱۲

۲-۱-۲-۵- عمق کاشت.....۱۳

۲-۱-۲-۶- فواصل کاشت ۱۳

۲-۱-۲-۷- روش بذرکاری..... ۱۳
۲-۱-۳- برداشت ذرت..... ۱۴
۲-۱-۴- پراکنش جغرافیایی ذرت(اکولوژی ذرت)..... ۱۴
۲-۱-۵- نیاز اکولوژیکی..... ۱۴
۲-۱-۵-۱- دما..... ۱۴
۲-۱-۵-۲- نور..... ۱۵
۲-۱-۵-۳- رطوبت..... ۱۶
۲-۱-۵-۴-خاک..... ۱۶
۲-۱-۶- نیازهای غذایی ذرت..... ۱۷
۲-۱-۶-۱ – نیتروژن..... ۱۷
۲-۱-۶-۲- فسفر..... ۱۸
۲-۱-۶-۳- پتاس..... ۱۸
۲-۱-۶-۴- روی..... ۱۹
۲-۱-۶-۵- بر..... ۱۹
۲-۱-۶-۶ – مس..... ۲۰
۲-۱-۶-۶ – آهن..... ۲۰
۲-۱-۶-۶ – منگنز..... ۲۱
۲-۲- اهمیت خاک و موجودات زنده آن در کشاورزی پایدار..... ۲۲
۲-۳- کاربرد کودهای بیولوژیک..... ۲۲
۲-۳-۱-کود زیستی..... ۲۴

۲-۳-۱-۱- ازتوباکتر..... ۲۶
۲-۳-۱-۲- آزوسپیریلوم..... ۲۷
۲-۳-۲- افزایش رشد گیاه..... ۲۸
۲-۳-۳-توان تولید سیدروفور..... ۲۹
۲-۳-۴- حل فسفاتهای معدنی و آلی نامحلول ۲۹
۲-۳-۵- جذب عناصر غذایی..... ۳۰
۲-۴- نانو تکنولوژی..... ۳۱
۲-۴-۱- کاربرد نانو در کشاورزی..... ۳۱
۲-۴-۲- کاربرد نانو کودها..... ۳۲
۲-۵- نقش عناصر غذایی در گیاهان..... ۳۴
۲-۶- آهن..... ۳۶
۲-۶-۱- نقش آهن در تغذیه و سلامت انسان‌ها..... ۳۶
۲-۶-۲- نقش عنصر آهن در گیاهان..... ۳۷
۲-۶-۳- علائم کمبود یا بیش بودن آهن در گیاهان..... ۳۸
۲-۷- محلول پاشی..... ۳۹
۲-۷-۱- نقش محلول‌پاشی عنصر آهن و عناصر ریز مغذی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاهان زراعی..... ۴۰

فصل سوم

مواد و روش‌ها ۴۳

۳-۱- زمان و مشخصات محل اجراء آزمایش..... ۴۴

۳-۲- مشخصات آب و هوای محل آزمایش..... ۴۴

۳-۳- خصوصیات خاک محل آزمایش..... ۴۵

۳-۴- مشخصات طرح آزمایشی..... ۴۵

۳-۵- مشخصات کرت‌ها..... ۴۷

۳-۶- عملیات اجرایی..... ۴۸

۳-۶-۱- عملیات آماده سازی زمین جهت کاشت..... ۴۸

۳-۶-۲-آماده کردن بذرها..... ۴۸

۳-۶-۳- کاشت..... ۴۹

۳-۶-۴- داشت..... ۴۹

۳-۶-۵- اعمال تیمارها..... ۵۰

۳-۶-۵-۱- سطوح مختلف کودهای زیستی..... ۵۰

۳-۶-۵-۲- سطوح مختلف کود کلات آهن..... ۵۰

۳-۷- نمونه برداری..... ۵۱

۳-۷-۱- نمونه برداری در طول فصل رشد..... ۵۱

۳-۷-۲- نمونه برداری عملکرد..... ۵۲

۳-۸- صفات زراعی و مورفولوژیک..... ۵۳

۳-۸-۱- ارتفاع گیاه..... ۵۳

۳-۸-۲- وزن خشک برگ و ساقه ۵۳
۳-۸-۳- عملکرد و اجزای عملکرد ۵۳
۳-۸-۳-۱- تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف..... ۵۳
۳-۹- صفات فیزیولوژیک ۵۴
۳-۹-۱- اندازه‌گیری میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کارتنوئید..... ۵۴
۳-۹-۲- اندازه گیری نیتروژن و پروتئین دانه..... ۵۵
۳-۹-۳- استخراج عصاره آنزیمی و روش اندازه‌گیری آنزیم‌ها..... ۵۷
۳-۹-۳-۱- اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز (CAT) ۵۷
۳-۹-۳-۲- اندازه‌گیری فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز (GPX) ۵۸
۳-۹-۳-۳- اندازه‌گیری فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز (APX) ۵۹
۳-۱۰- اندازه‌گیری برخی عناصر غذایی در اندام هوایی گیاه..... ۵۹
۳-۱۰-۱- اندازه گیری عنصرآهن در دانه و برگ..... ۵۹
۳-۱۰-۲- اندازه‌گیری فسفر در برگ و دانه..... ۶۰
۳-۱۰-۳- اندازه‌گیری پتاسیم دانه و برگ..... ۶۰
۳-۱۱- محاسبات و تجزیه و تحلیل آماری..... ۶۱

فصل چهارم

نتایج و بحث ۶۳

۴-۱- ارتفاع بوته..... ۶۴

۴-۲- اجزای عملکرد دانه..... ۶۵

۴-۲-۱-تعداد ردیف در بلال..... ۶۵

۴-۲-۲- تعداد دانه در ردیف..... ۶۷

۴-۲-۳- وزن هزار دانه..... ۶۸

۴-۳- عملکرد بیولوژیک..... ۶۹

۴-۴- عملکرد دانه..... ۷۳

۴-۵- وزن خشک ساقه..... ۷۶

۴-۶- رنگدانه‌های فتوسنتزی..... ۷۷

۴-۶-۱- کلروفیلa..... ۷۷

۴-۶-۲- کلروفیل b..... ۷۹

۴-۶-۳- کاروتنوئید..... ۸۲

۴-۷- فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان..... ۸۲

۴-۷-۱- آنزیم کاتالاز (CAT) ۸۲

۴-۷-۲- فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز (GPX) ۸۳

۴-۷-۳- فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز (APX)..... ۸۴

۴-۸- عناصر معدنی دانه و برگ..... ۸۶

۴-۸-۱- آهن دانه و برگ..... ۸۶

۴-۸-۲-محتوای فسفر دانه و برگ..... ۹۰

۴-۸-۳- محتوای پتاسیم دانه و برگ..... ۹۱

۴-۸-۴- پروتئین دانه..... ۹۳

فصل پنجم

۵- نتیجه گیری و پیشنهادها ۹۷

۵-۱- نتیجه گیری..... ۹۸

۵-۲- پیشنهادها ۹۹

۶- پیوست ۱۰۱

۷- منابع ۱۰۹

فهرست شکل‌ها

شکل ۳-۱- نمودار میزان بارش و دمای محل آزمایش ۴۴

شکل ۳-۲- نمایی از زمین ۴۷

شکل ۳-۳- نقشه اجرایی طرح آزمایشی..... ۴۷

شکل ۳-۴- عملیات آماده سازی زمین..... ۴۸

شکل ۳-۵- آماده کردن بذرها (تلقیح بذور) ۴۹

شکل ۳-۶- اعمال تیمار محلول‌پاشی آهن ۵۱

شکل ۳-۷- نمایی از برداشت گیاه ذرت و اندازه گیری برخی از صفات مرفولوژیک..... ۵۲

شکل ۴-۱- تاثیرکلات آهن بر ارتفاع بوته ذرت..... ۶۵

شکل ۴-۲ - تاثیر کلات آهن بر تعداد ردیف در بلال..... ۶۶

شکل ۴-۳ - تاثیر کلات آهن بر تعداد دانه در ردیف..... ۶۷

شکل ۴-۴ - تاثیر کلات آهن بر وزن هزار دانه..... ۶۹

شکل ۴-۵ - اثر متقابل کودهای زیستی و کلات آهن بر عملکرد دانه..... ۷۱

شکل ۴-۶ - تاثیر کودهای زیستی بر عملکرد بیولوژیک..... ۷۲

شکل ۴-۷- تاثیر کلات آهن بر عملکرد بیولوژیک..... ۷۵

شکل ۴-۸ - تاثیر کودهای زیستی بر وزن خشک ساقه..... ۷۷

شکل ۴-۹- تاثیر کودهای زیستی بر میزان کلروفیل a ۷۸

شکل۴-۱۰- تاثیر کلات آهن بر میزان کلروفیل a ۷۹

شکل ۴-۱۱- تاثیر کودهای زیستی بر میزان کلروفیل b ۸۰

شکل ۴-۱۲ - اثر اصلی کاربرد سطوح مختلف کود آهن بر میزان کلروفیل b ۸۱

شکل ۴-۱۳- اثر متقابل کودهای زیستی و کلات آهن بر فعالیت آنزیم گایاکول پروکسیداز..... ۸۴

شکل ۴-۱۴- اثر متقابل کودهای زیستی و کلات آهن بر فعالیت آنزیم آسکوربات پروکسیداز.....۸۶
شکل ۴-۱۵- اثر متقابل کودهای زیستی و کلات آهن بر میزان غلظت آهن دانه ۸۹
شکل ۴-۱۶- اثر متقابل کودهای زیستی و کاربرد سطوح مختلف کود آهن بر میزان غلظت آهن برگ.....۸۹
شکل ۴-۱۷ - اثر اصلی کاربرد سطوح مختلف کود آهن بر مقدار فسفر دانه.....۹۱
شکل ۴-۱۸ - اثر اصلی کاربرد سطوح مختلف کود آهن بر مقدار پتاسیم دانه.....۹۲
شکل ۴-۱۹ - اثر اصلی کاربرد سطوح مختلف کود آهن بر مقدار پتاسیم برگ.....۹۳
۴-۲۰- اثر متقابل کودهای زیستی و کلات آهن بر پروتئین دانه.....۹۵

فهرست جداول

جدول ۳-۱- نتایج تجزیه خاک محل آزمایش.....۴۵
جدول۳-۲- ترکیب تیماری مورد استفاده در آزمایش.....۴۶
جدول۴-۱- نتایج تجزیه واریانس تیمارهای مورد مطالعه بر ارتفاع بوته، ، عملکرد و ازاء عملکرد و عملکرد بیولوژیک.....۱۰۲
جدول۴-۲- نتایج تجزیه واریانس تیمارهای مورد مطالعه بر ارتفاع بوته، ، عملکرد و ازای عملکرد، عملکرد بیولوژیک.....۱۰۳
جدول۴-۳- نتایج تجزیه واریانس تیمارهای مورد مطالعه بر رنگدانه‌های فتوسنتزی.....۱۰۴
جدول۴-۴- مقایسه میانگین تیمارهای مورد مطالعه بر رنگدانه‌های فتوسنتزی.....۱۰۴
جدول۴-۵- نتایج تجزیه واریانس تیمارهای مورد مطالعه بر میزان عناصر کم مصرف و پر مصرف در دانه و برگ.....۱۰۵
جدول۴-۶- مقایسه میانگین تیمارهای مورد مطالعه بر میزان عناصر کم مصرف و پر مصرف در دانه و برگ.....۱۰۶
جدول۴-۷ - نتایج تجزیه واریانس تیمارهای مورد مطالعه بر میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی و پروتئین دانه.....۱۰۷
جدول۴-۸- مقایسه میانگین تیمارهای مورد مطالعه بر میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی و پروتئین دانه.....۱۰۸

فصل اول

مقدمه

ذرت با نام علمی *zea mays* L. گیاهی یکساله، تک لپه، از خانواده غلات، چهار کربنه و بومی مناطق گرمسیر است (مجنون ، ۲۰۰۶). وسعت تطابق آن باعث شده، در نواحی معتدل و سردسیر نیز کشت آن صورت گیرد (میر هادی ،۲۰۰۱). ذرت یکی از محصولات مهم کشاورزی است که از نظر اقتصادی مقام سوم و از نظر تولید جایگاه اول محصولات زراعی را دارا است (امام و ثقه السلام، ۱۳۸۴). تحقیقات انجام شده نشان می‌دهد با مصرف صحیح عناصر غذایی می‌توان عملکرد کمی و کیفی آن را افزایش داد (کوگبه و اددیران، ۲۰۰۳). ذرت در مراحل اولیه رشد در مقابل علف‌های هرز ضعیف می‌باشد و لذا نیاز است که با علف‌های هرز آن مبارزه موثر و به موقع صورت گیرد. کارشناسان در مورد اهمیت مبارزه با علف های هرز در زراعت ذرت تاکید فراوان کرده‌اند (تاجبخش، ۱۳۷۵).

ذرت گیاهی است که نیاز غذایی بالایی دارد. به جز عناصر غذایی پرمصرف به عناصر کم مصرف همانند: بر، منگنز، مس، روی و آهن نیز نیاز دارد (نور محمدی و همکاران، ۲۰۰۱)، همچنین این عناصر تاثیر خوبی بر عملکرد آن دارند (نوابی و ملکوتی، ۱۳۸۷). در تحقیقات صورت گرفته، مشخص شده که بیشترین عملکرد ماده خشک و سرعت رشد ذرت از محلول پاشی آهن و آهن + منگنز به دست آمد (خلیلی محله و رشیدی، ۱۳۸۷؛ سلیمانی و همکاران، ۱۳۹۰). همچنین در مورد تاثیر آهن و منگنز بر صفات کیفی، بسیاری از نتایج حاکی از نقش مثبت این عناصر در افزایش پروتئین دانه ذرت دارد (خلیلی محله و رشیدی، ۱۳۸۷؛ صابری و همکاران،۱۳۸۹). در بین عناصر کم مصرف، آهن نقش کلیدی در تشکیل کلروفیل و فتوسنتز داشته و از اهمیت زیادی در سیستم آنزیمی و تنفس گیاهان برخوردار است. بنابراین کاربرد آن اثر مثبتی بر تولید ماده خشک دارد. در مقابل از مهم ترین اثرات کمبود آهن، کاهش محتوای رنگدانه های فتوسنتزی است که نتیجه آن افزایش نسبی کارتنوئیدها در مقایسه با کلروفیل بوده که در نهایت سبزینگی برگ‌ها و توان فتوسنتزی آنها را کاهش می دهد(بریت و همکاران ، ۲۰۰۷). بر

این اساس استفاده از نانو کود کلات آهن می تواند به عنوان منبعی غنی و قابل اعتماد از آهن دو ظرفیتی برای گیاهان محسوب شود (سوزر و کوکینی،۲۰۰۸).

در سال‌های اخیر تلاش‌های گسترده‌ای با هدف یافتن راهکارهای مناسب برای بهبود کیفیت خاک، محصولات کشاورزی و نیز حذف آلاینده‌ها از خاک آغاز شده است. کاهش این مخاطرات زیست محیطی همگام با افزایش عملکرد گیاهان زراعی، نیاز به بکارگیری تکنیک‌های نوین زراعی است که اثرات تخریب محیطی ندارد. نانو کلاته آهن یکی از آنهاست. نانو کلات آهن دارای بنیان یا کمپلکسی پایدار و قوی است که در بازه ۳<pH<۱۱ ، ۹ درصد آهن محلول در آب را در اختیار گیاهان قرار می‌دهد(رزازی و همکاران ، ۱۳۸۹). تفاوت اصلی فناوری نانو با فناوری های دیگر در مقیاس مواد و ساختار هایی است که در این فناوری مورد استفاده قرار می گیرند. نانو کودها مخلوطی از ذره ها با ابعادی بین ۱ تا ۱۰ نانومتر هستند. *(National Nanotechnology Research AGENDA, 2005)*. یکی از مهمترین کاربردهای فناوری نانو در زمینه ها و گرایش‌های مختلف کشاورزی در بخش آب و خاک، استفاده از نانو کودها برای تغذیه گیاهان می‌باشد(رضایی و همکاران، ۱۳۸۸). در رابطه با تأثیرگذاری کود آهن نانو بر گیاهان روغنی اظهار شده که افزایش غلظت نانو کود آهن با بهبود رشد سبب افزایش وزن اندام های هوایی، وزن خشک غلاف‌ها و عملکرد دانه سویا شد(شیخ باگ لو و همکاران،۲۰۱۰). همچنین اظهار شده که محلول پاشی برگی نانو آهن باعث افزایش ۳۸ تا۴۲ درصدی عملکرد بادام در خاک های آهکی شد(سینگ و دایال،۱۹۹۲).

یکی دیگر از روش‌های استفاده کودها، استفاده از کودهای زیستی یا همان گونه‌های مختلف باکتری و قارچ‌ها است. استفاده از کودهای زیستی نه تنها دارای اثرات مثبت بر روی ویژگی‌های خاک است، بلکه از جنبه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست محیطی نیز مفید بوده و می‌تواند جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی باشد. امروزه جنبه‌های بوم‌شناختی با هدف بهره‌گیری از قابلیت‌های میکروارگانیسم‌های مفید

خاکزی به منظور تولید پایدار محصولات کشاورزی، بهبود کیفیت خاک، رعایت بهداشت و ایمنی محیطزیست و سایر کارکردهای بوم نظام مورد توجه جدی پژوهشگران قرار گرفته است. یکی از راهکارهای نیل به کشاورزی پایدار، استفاده از میکروارگانیسم‌هایی است که نقش مهمی در تامین نیاز غذایی گیاهان دارند. کودهای زیستی از سلول‌های زنده میکروارگانیسم‌های مختلف تشکیل شده که توانایی تبدیل عناصر مهم غذایی از شکل غیر قابل دسترس به شکل قابل دسترس در طی فرآیندهای زیستی را دارند (یزدانی و همکاران، ۱۳۸۹). کودهای زیستی به مواد حاصلخیز کننده‌ای اطلاق می‌شود که حاوی تعداد کافی از یک یا چند گونه میکروارگانیسم مفید خاک هستند که روی مواد نگهدارنده مناسبی عرضه می‌شوند. کودهای زیستی به صورت مایع تلقیح میکروبی و به عنوان یک ترکیب حاصل از سویش‌های میکروبی موثر با راندمان بالا برای تامین یک یا چند عنصرغذایی مورد نیاز تعریف می‌شوند (صالح راستین،۱۳۸۰). کودهای زیستی با تولید هورمون‌های گیاهی، تثبیت نیتروژن و تسهیل در جذب عناصر از خاک رشد گیاهان را تحت تاثیر قرار می‌دهند (قاربیک ۲۰۰۸ و گلیک ۲۰۰۷). از جمله این موجودات می‌توان به ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاهان نظیر ازتوباکتر، آزوسپیریلوم و سودوموناس اشاره کرد. این گروه از باکتری‌ها در منطقه ریزوسفر از طریق مکانیسم‌های مختلفی باعث افزایش رشد و عملکرد گیاه می‌شوند (علیخانی و همکاران، ۱۳۸۰؛ وسی، ۲۰۰۳).

کودهای زیستی که از توانایی تبدیل عناصر غذایی از فرم غیر قابل دسترس به فرم قابل دسترس را دارند می‌توانند بسیار مفید باشند (راجندران و همکاران، ۲۰۰۴؛ وسی، ۲۰۰۳) و منجر به توسعه سیستم ریشه‌ای و جوانه‌زنی بهتر بذور شوند (چن، ۲۰۰۶). کاربرد این ریزجانداران در اطراف ریشه یا همراه کودها می‌تواند از نظر حل کردن فسفر و نیز حفاظت گیاه در مقابل عفونت پاتوژن مفید باشد (چانگ و یانگ،۲۰۰۹). در بین کودهای زیستی، باکتری‌های دی‌ازوتروف با زندگی آزاد، توزیع گسترده‌ای در خاک‌ها دارند. این باکتری‌ها بی‌هوازی، بی‌هوازی اختیاری و یا هوازی می‌باشند. از مهم‌ترین جنس‌هایی

که عمدتا در مجاورت ریشه گونه‌های گندمیان یافت می‌شوند می‌توان به ازتوباکتر(*Azotobacter*)، آزوسپیریلوم (*Azospirillum*)، سودوموناس (*Pseudomonas*)، انتروباکتر(*Enterobacter*) و کلبسیلا (*Klebsiella*) اشاره کرد. از این میان، ازتوباکترها به دلیل فراوانی و وسعت انتشار بیش از سایر انواع تثبیت کننده‌ها مورد توجه قرار گرفته‌اند و در خاک‌های مناطق معتدله نیز بیشترین اهمیت را دارند. گفته می‌شود در خاک‌های زراعی با زهکشی خوب بیشترین مقدار تثبیت ازت به صورت آزاد توسط این باکتری‌ها انجام می‌گیرد. باکتری‌های ازتوباکتر از طریق سنتز هورمون‌های محرک رشد مثل ایندول استیک اسید، جیبرلین‌ها و سیتوکنین‌ها باعث افزایش رشد گیاه، درصد جوانه‌زنی بذرها، ریشه‌زایی و گسترش ریشه می‌گردند.

اثرات مثبت باکتری‌های محرک رشد(PGPR) نیز بر افزایش سطح ریشه، طول ریشه، تعداد ریشه‌های فرعی، تعداد و تراکم تارهای‌کشنده، همچنین افزایش تقسیم سلول‌های مریستم ریشه و تحریک تراوشات از ریشه گیاهان نیز مشخص شده‌است (پن و همکاران، ۱۹۹۹). مطالعات زیادی اثرات مثبت PGPR را بر رشد محصولات زراعی در شرایط مختلف آب و هوایی نشان داده اند. تاثیر این باکتری‌ها به صورت مستقیم و غیره مستقیم گیاهان و از طریق سازوکارهای مختلف، رشد و نمو گیاهان زراعی را تحت تاثیر قرار می‌دهند (زهیر و همکاران، ۲۰۰۴).

سابقه و ضرورت انجام تحقیق :

تحقیقات گوناگون حاکی از تاثیر مثبت کودهای زیستی بر رشد و عملکرد گیاهان زراعی است. نتایج مطالعه شاهرونا و همکاران (۲۰۰۶) نشان داد باکتری‌های سودوموناس وزن خشک ذرت را در شرایط گلخانه۲۲/۵ درصد افزایش داد. شوانوتیز و زیگلر(۱۹۸۶) گزارش کردند که بین فراوانی ازتوباکترها در ریزوسفر و رشد رویشی ذرت ارتباط مستقیمی وجود دارد. در این شرایط تولید اکسین و سیتوکنین

توسط این باکتری‌ها دو برابر حالت عادی است. در آزمایشی، توحیدی مقدم و همکاران(۱۳۸۶) در گیاه ذرت نشان دادند که با تلقیح باکتری‌های حل کننده فسفات (سودوموناس پوتیدا و باسیلوس) میزان مصرف کودهای شیمیایی فسفات تا ۵۰ درصد کاهش می یابد. همچنین ارتفاع بوته، وزن تر و خشک برگ‌های بوته ذرت در اثر تلقیح بذر با باکتری های جنس آزوسپریلوم افزایش نشان داد (کاپولینک و همکاران، ۱۹۸۲).

در رابطه با تأثیر کودهای زیستی و نانوکلات آهن پژوهش های اندکی صورت گرفته است. با این حال با توجه به اهمیت کودهای زیستی در کشاورزی پایدار و ضرورت بهینه سازی مصرف کودهای شیمیایی در بوم نظام های زراعی کشور، تحقیق حاضر با هدف بررسی آثار تلقیح سویه‌های مختلف این باکتری‌ها در ترکیب با کود نانو کلاته آهن بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ذرت انجام شد.

اهداف:

با توجه به مقدمه و اهمیت موضوع اهداف زیر در تحقیق حاضر مورد مطالعه قرار می‌گیرد:

- کاهش مصرف کودهای شیمیایی
- جایگزینی کودهای زیستی به جای کودهای شیمیایی
- افزایش عملکرد با استفاده از مواد سازگار با محیط زیست
- بررسی امکان استفاده از کودهای زیستی به منظور بهبود رشد و افزایش عملکرد ذرت
- ارزیابی تاثیر کودهای زیستی و کود کلات آهن و نانو کلات آهن بر عملکرد ذرت

فصل دوم:

بررسی منابع

۲-۱- ذرت

ذرت یکی از گیاهان بومی آمریکای مرکزی و جنوبی است. ذرت را گیاه دنیای جدید می‌گویند سابقه کاشت آن در کشورهای مختلف جهان بویژه برخی از کشورهای اروپا، آسیا، آفریقا و اقیانوسیه که شرایط مناسبی برای رشد و نمو آن دارند. ذرت به عنوان یک غله پر محصول و یک گیاه غذایی بسیار مهم، علاوه بر کشت در کشورهای آمریکایی، در سایر نقاط جهان نیز به صورت وسیعی کشت می شود. با اینکه کشت ذرت از لحاظ سطح زیر کشت بعد از گندم و برنج قرار دارد (در میان غلات) اما از لحاظ تولید برابر حجم تولید هر یک از دو غله دیگر می باشد(راشد محصل و همکاران،۱۳۷۶). سطح زیر کشت و همچنین مصرف ذرت طی سال‌های اخیر در اغلب کشورهای جهان به سرعت افزایش یافته است. ذرت پس از گندم و برنج، بیشترین اراضی جهان را به خود اختصاص داده است و در حال حاضر بیش از ۱۷۶ میلیون هکتار از اراضی دنیا به کشت ذرت اختصاص یافته اند (فائو،۲۰۱۳). در جهان امروز، به علت اهمیت فوق-العاده ذرت در تامین غذای دام‌ها، پرندگان، مصارف داروئی و صنعتی نسبت به افزایش سطح زیر کشت و همچنین روش‌های به‌زراعی آن اقدامات اساسی به عمل آمده و در بیشتر کشورهای جهان که دارای شرایط آب و هوای مناسب برای رشد این گیاه باشند، محصول قابل توجهی تولید می‌نماید (خدابنده، ۱۳۷۷). بیش از ۵۰۰ نوع فرآورده از ذرت به دست می آید. از ساقه آن در صنعت کاغذ سازی و چوب بلال آن در تهیه اسید استیک و قطران زغال سنگ استفاده می‌شود (نور محمدی و همکاران، ۱۳۸۹). عمده‌ترین کشورهای تولید کننده ذرت در جهان آمریکا، چین، برزیل، مکزیک، روسیه، هندوستان، آفریقای جنوبی، رومانی، یوگسلاوی، آرژانتین، اندونزی، فلیپین، مجارستان و ایتالیا می‌باشند(کریمی، ۱۳۸۳). تولید ذرت در سال ۲۰۱۳ در جهان براساس آمار منتشر شده از سوی سازمان خواربار کشاورزی جهان (FAO) ۸۷۵۰۹۸۶۳۱ میلیون تن بوده است. ایالات متحده آمریکا با تولید ۲۷۳۸۳۲۱۳۰ میلیون تن ذرت در سال ۲۰۱۳ با سهم ۴۰٪ از تولید جهانی در بین کشورهای تولید کننده این محصول جایگاه

ویژه‌ای داشته است. کشور چین با ۱۹٪ از تولید جهانی (۲۰۸۱۳۰۰۰۰ میلیون تن) در مقام دوم قرار گرفته است و سهم این دو کشور مجموعاً ۵۹٪ بوده است. پس از ایالات متحده آمریکا و چین ، کشور برزیل با ۷ ٪ سهم در تولید جهانی رتبه سوم را به خود اختصاص داده است. سایر کشورها هر کدام سهمی کمتر از ۳/۲ ٪ داشته اند. سهم ایران از تولید جهانی ۱۷/ ٪ بوده است(فائو،۲۰۱۳).

با توجه به شرایط آب و هوائی مناسب کشور ما برای تولید ذرت، می‌توان در اکثر مناطق کشور نسبت به کاشت این گیاه اقدام نمود. در حال حاضر مهمترین مناطق کشت ذرت در ایران استان‌های مازندران، خوزستان، اطراف تهران و استان فارس هستند. در ایران در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ از سطح کشت ۲۳۳۶۲۰ هکتار، میزان ۱،۶۵۸،۸۷۵ تن دانه ذرت دانه ای با عملکرد ۷/۱ تن در هکتار تولید شده است (وزارت جهاد کشاورزی، ۱۳۹۴).

۲-۱-۱- گیاه شناسی ذرت

ذرت گیاهی متعلق به تیره Poaceae و جنس Zea و گونه Mayz می باشد. گیاهی یکساله، روز کوتاه، تک لپه و یک پایه است. گرده افشانی در این گیاه معمولا غیره مستقیم و به وسیله باد صورت می-گیرد. ذرت گیاهی دگرگشن است. رنگ، شکل و اندازه دانه ذرت در ارقام مختلف متفاوت بوده و به رنگ-های سفید، زرد، قرمز، ارغوانی، سیاه و آبی دیده می‌شود (راشد محصل و همکاران، ۱۳۸۰).

تعداد ارقام ذرت با توجه به تطابق گیاه در برابر شرایط مختلف محیطی، متعدد می‌باشد. این گیاه از نظر طول دوره رشد به سه گروه زودرس، متوسط رس و دیررس تقسیم می‌شود. مهمترین طبقه بندی انجام شده در مورد ذرت از نظر شکل ظاهری و ترکیبات دانه و موارد مصرف آن می‌باشد که شامل ذرت دندانی، ذرت بلوری(سخت)، ذرت آردی(نرم)، پاپ کورن(اجیلی)، ذرت شیرین، ذرت غلاف‌دار و ذرت مومی است (راشد محصل و همکاران، ۱۳۸۰).

۲-۱-۱-۱- ریشه

ذرت دارای ریشه افشان است. جنین آن در هنگام جوانه زدن فقط تولید یک ریشه می‌کند که سریع رشد کرده و در عمق خاک نفوذ می‌کند. از مزوکوتیل نیز ۳ تا ۷ ریشه نابجا خارج می‌شود که به همراه ریشه جنینی تشکیل سیستم ریشه اولیه را می‌دهند. چند روز پس از رویش در عمق کم خاک، اولین گره ساقه تشکیل می‌شود، بعد از آن گیاه حدود ۶ تا ۱۰ گره به فاصله بسیار کم روی ساقه خود (در زیر زمین) به وجود می‌آورد. هر چه تعداد این گره‌ها بیشتر باشد مرحله رویشی بیشتر می‌شود. ریشه‌های یک بوته ذرت تقریبا ۲ متر مکعب از خاک را اشغال می‌کنند. سیستم ریشه‌ای ذرت در اراضی با رطوبت کم توسعه بیشتری نسبت به اراضی مرطوب دارد. سطح جذب مواد معدنی ریشه‌های ذرت نسبت به حجمی که اشغال می‌کند کم است. شعاع جذب ۴ هفته پس از رویش تا ۶۰ سانتی متر و هنگام رسیدن، به ۱۲۰ سانتی متر هم می‌رسد (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۸۹).

۲-۱-۱-۲-ساقه

رشد ساقه از تکرار یک واحد ساختاری شامل پهنک برگ، غلاف برگ، گره و میانگره ایجاد می‌گردد. این واحد ساختاری با تغییراتی در ابعاد اجزای تشکیل دهنده‌ی آن، تمام ساقه رویشی بجز تاج گل را به وجود می‌آورد. ساقه ذرت علاوه بر حفظ و نگهداری برگ‌ها و دانه‌ها، بعنوان اندام ذخیره‌ای مواد جامد قابل حل بویژه ساکاروز عمل می‌کند که می‌تواند به افزایش عملکرد گیاه کمک کند. اکثر ارقام ذرت بر خلاف سایر غلات تولید پنجه نمی‌کنند که این امر از دیدگاه آرنون(۱۹۷۵)[1] بدلیل انتخاب طبیعی برای داشتن بلالی بزرگتر است. امروزه محققین در فکر تولید هیبریدهای قد کوتاه هستند که تراکم پذیری و عملکرد بالاتری نسبت به هیبریدهای فعلی دارند (دلگشا، ۱۳۹۳).

1- Arnon

۲-۱-۱-۳- برگ

در ذرت چهار گروه برگی وجود دارد که عبارتند از: برگ های جنینی، برگ‌های حقیقی روی ساقه، برگ‌های انتهایی و برگ‌های غلاف بلال است. روی هر گره ساقه یک برگ قرار دارد و برگ‌ها همانند سایر غلات به صورت متناوب در دو طرف طول ساقه قرار می‌گیرند. سطح زیرین پهنک برگ صاف و روی آن پرزدار است. برگ‌ها اولین قسمت گیاه هستند که پس از نوک کولئوپتیل از خاک خارج می‌شوند. در کشت متراکم، برگ‌های پایین‌تر، احتمالا بدلیل عدم دریافت میزان نور کافی از بین می‌روند (دلگشا، ۱۳۹۳).

۲-۱-۱-۴-گل آذین

ذرت گیاهی است یک‌پایه و دگرگرده‌افشان، که گل آذین نر آن به صورت یک پانیکول غیره متراکم روی آخرین گره بالایی و گل‌آذین ماده در قسمت میانی گیاه ظاهر می‌شود (آرنون، ۱۹۷۵). گل‌آذین ماده ذرت توسط برگ‌های تغییر شکل یافته‌ای احاطه شده از جوانه‌های جانبی واقع بر روی گره ساقه ایجاد می‌شود. سنبلچه‌های ذرت که به صورت مارپیچی روی محور سنبله قرار می‌گیرند در قسمت تحتانی خود دارای دو لگوم هستند. و در درون آن‌ها دو گل قرار دارد. هر گل شامل دو پرچم می‌باشد، که هر کدام توانایی تولید ۲۰۰۰ دانه گرده را دارند. گل‌آذین نر (گل تاجی) قبل از بلال ظاهر می‌شود و گل-آذین ماده یا بلال، که توسط برگ‌های تغییر شکل یافته احاطه شده است، از جوانه‌های جانبی واقع بر گره‌های ساقه ظاهر می‌شود. عمل گرده‌افشانی در ذرت توسط باد صورت می‌گیرد و دانه‌های گرده به مدت ۱۸ الی ۲۴ ساعت فعال باقی می مانند (دلگشا، ۱۳۹۳).

۲-۱-۲- روش و زمان کاشت ذرت

۲-۱-۲-۱- زمان کاشت ذرت

در فصل بهار هنگامی که خطر یخبندان‌های بهاره مرتفع شود و دمای خاک در عمق ۷ تا ۸ سانتی-متری به مدت ۳ تا ۴ روز متوالی حدودا به ۱۳درجه سانتی‌گراد برسد، می‌توان اقدام به کاشت ذرت کرد (خدابنده، ۱۳۸۷).

۲-۱-۲-۲-کاشت ذرت

درجه خلوص و قوه نامیه بذور هیبریدی که برای کشت ذرت مورد استفاده قرار می‌گیرد، می‌بایست به ترتیب حداقل ۹۸ و ۹۰ درصد باشد (نورمحمدی، ۱۳۷۷).

۲-۱-۲-۳- تاریخ بذرکاری

بذرکاری ذرت در اولین فرصت که دمای خاک مناسب باشد باید انجام گیرد. بهترین موقع برای بذرکاری زمانی است که دمای خاک در عمق ۷ تا ۸ سانتیمتری به مدت سه تا چهار روز متوالی در بهار، تقریباً ۱۳ درجه سانتیگراد باشد. در صورتی که اندازه‌گیری دمای خاک برای کشاورز به سهولت امکان پذیر نباشد برای تعیین تاریخ کاشت می‌توان از میانگین دمای هوای در ساعت‌های ۷ و ۱۲ (صبح و نیمروز) استفاده کرد (کاظمی اربط، ۱۳۷۴).

۲-۱-۲-۴- تراکم بوته

تراکم بوته یا تعداد بوته در واحد سطح، تابع شاخص سطح برگ، حاصلخیزی خاک، آب موجود در خاک و نیز شرایط اقلیمی است. همچنین هدف از زراعت ذرت، برای تأمین علوفه و یا دانه، نیز در تعیین

تراکم بوته مؤثر است. با توجه به ترکیب این عوامل، تراکم می‌تواند بین ۴۰ تا ۱۰۰ هزار بوته در هکتار تغییر کند (لارسون و هانوی، ۱۹۷۷) .

۲-۱-۲-۵- عمق کاشت

عمق کاشت ذرت از سایر غلات بیشتر است و بین ۳ تا ۱۰ سانتیمتر تغییر می‌کند. عمق کاشت اصولاً تحت تأثیر شرایط عمومی خاک، آب و هوا و ژنوتیپ گیاه مثلاً طول کولئوپتیل و اولین میانگره آن قرار دارد (چاپمن، ۱۹۷۵). هر چه عمق کاشت زیادتر باشد، زمان لازم برای سبز کردن طولانی‌تر می‌شود. در شرایطی که دما و رطوبت در بخش سطحی خاک زیادتر از حد گرم و خشک باشد بذر را در عمق زیادتر مثلاً ۸ تا ۱۰ سانتیمتری زمین می کارند (کاظمی اربط، ۱۳۷۴).

۲-۱-۲-۶- فواصل کاشت

فاصله ردیف‌های کاشت ذرت بین ۴۰ تا ۱۰۰ سانتیمتر و فاصله بین بوته‌ها بر روی هر ردیف بین ۱۰ تا ۸۰ سانتیمتر متغیر است. در شرایط محیطی مشابه در فواصل کمتر، معمولاً میزان عملکرد بیشتر است (لارسون و هانوی، ۱۹۷۷).

۲-۱-۲-۷- روش بذرکاری

ذرت را می‌توان به صورت ردیفی یکنواخت یا کپه‌ای کشت کرد. میزان عملکرد در روش بذرکاری ردیفی یکنواخت به مراتب بیشتر است (لارسون و هانوی، ۱۹۷۷).

۲-۱-۳- برداشت ذرت

بهترین موقع برداشت ذرت برای بدست آوردن حداکثر محصول، زمان رسیدن فیزیولوژیکی است. بعد از آن به علت افتادن بلال‌ها، خوابیدگی بوته‌ها، پوسیدگی بلال‌ها، صدمات ناشی از حمله حشرات و ریزش دانه‌های ذرت از بلال، کاهش محصول قابل توجه خواهد بود (کاظمی اربط، ۱۳۷۴). برداشت ذرت دانه‌ای با استفاده از وسایل گوناگون همانند دستگاه بلال چین، دستگاه بلال چین و دانه کن و کمباین ویژه ذرت دانه‌ای انجام می‌گیرد (لارسون و هانوی، ۱۹۷۷). رطوبت مناسب دانه‌ها در موقع برداشت تقریباً ۲۰ تا ۲۵ درصد است (کاظمی اربط، ۱۳۷۴) .

۲-۱-۴- پراکنش جغرافیایی ذرت(اکولوژی ذرت)

ذرت در نیمکره شمالی تا ۵۸ درجه عرض جغرافیایی در کانادا و روسیه و در نیمکره جنوبی تا عرض جغرافیایی ۴۲ درجه در زلاند نو کشت می‌گردد. این گیاه تا ارتفاع ۴۲۰۰ متری در بولیوی و ۸۰۰ متری در رومانی نیز رشد می‌کند (خدابنده، ۱۳۸۷).

۲-۱-۵- نیاز اکولوژیکی

۲-۱-۵-۱- دما

پارامترهای مختلف هواشناسی بخصوص وجود درجه حرارت مناسب و رطوبت کافی دو عامل مهم و اولیه رشد و تولید محصول کافی ذرت است. نیاز حرارتی ذرت در دوره رشد نسبتا زیاد بوده و لذا کاشت آن در مناطق گرم بهترین محصول را تولید می نماید (کریمی، ۱۳۸۳). بهترین مناطق برای کشت آن

نواحی هستند که دمای آنها به مدت ۳ تا ۴ ماه متوالی بین ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی گراد باشد. اگر میانگین دمای زمستان به کمتر از ۱۳ درجه برسد یا دما در اواسط تابستان از ۱۸ درجه سانتی‌گراد کمتر شود میزان رشد و عملکرد گیاه کاهش چشمگیری پیدا می‌کند (کریمی، ۱۳۸۳). اگر گیاه در دوران گلدهی با درجه حرارت‌های پایین مواجه شود بساک‌های خالی از گرده ایجاد می‌شوند و قدرت باروری آنها به شدت کاهش پیدا می‌کند. درجه حرارت‌های بالا نیز در این مرحله سبب ظهور زودتر گل‌آذین نر نسبت به گل‌آذین ماده شده و تاثیر منفی روی عملکرد گیاه خواهند داشت (مجنون حسینی، ۱۳۸۵).

۲-۱-۵-۲- نور

یکی دیگر از عوامل محیطی بسیار مهم و موثر برای رشد و نمو و عملکرد مناسب در این گیاه، وجود نور کافی می‌باشد. در صورتیکه درجه حرارت مناسب طی دوره رشد ذرت فراهم باشد این گیاه بعنوان گیاه چهارکربنه در مقایسه با گیاهان سه‌کربنه این توانایی را دارد که از انرژی خورشیدی بیشترین بهره را ببرد. واکنش فتوپریودی در گیاه ذرت در محدوده بی تفاوتی و روزکوتاهی قرار دارد. بنابراین در مناطقی که نور کافی وجود نداشته باشد، این گیاه نمی‌تواند رشد طبیعی خود را به طور کامل انجام دهد (خدابنده، ۱۳۷۷). در نقاطی که روزهای بلند دارند تعداد برگ‌های گیاه افزایش می‌یابد و گلدهی تا فرا رسیدن روزهای کوتاه به تاخیر می‌افتد. به طور کلی عقیده بر این است که زمان رسیدن یک رقم سازگار به یک ناحیه، به ازاء هر ۱۶ کیلومتر به طرف شمال یک روز به تاخیر می‌افتد. بنابراین در مناطق شمالی ایران برای تولید ذرت دانه‌ای باید از واریته‌های زودرس و در مناطق جنوبی از واریته های دیررس استفاده استفاده کرد (کاظمی اربط، ۱۳۷۸).

۲-۱-۵-۳- رطوبت

از آنجایی که گسترش برگ‌ها و گرده‌افشانی و تشکیل دانه در ذرت در ماه‌های گرم سال صورت می-گیرد، نیاز بالای این گیاه به آب امری طبیعی جلوه می‌کند. ذرت در مناطقی که میزان بازندگی آن بین ۶۰۰ تا ۷۰۰ میلی‌متر و با پراکندگی زمانی مناسب باشد رشد خوبی دارد. مرحله بین ظهور سنبله تا پر شدن دانه‌ها (مرحله خمیری) حساس‌ترین مرحله زندگی ذرت نسبت به آب می‌باشد که مدت زمان آن حدودا ۵۰ روز است (نورمحمدی و همکاران، ۱۳۸۹). با توجه به درجه حرارت محیط هر ۷ تا ۱۲ روز یکبار باید نسبت به آبیاری ذرت اقدام کرد.

۲-۱-۵-۴-خاک

ذرت را می‌توان در اراضی متفاوت از حیث حاصلخیزی، بافت خاک و pH کشت کرد. بهترین اراضی برای کشت آن خاک‌های عمیق با بافت متوسط، زهکشی خوب و قدرت نگهداری بالای آب می‌باشند. همچنین لازم است تهویه خاک مناسب باشد و از نظر آهک و مواد کلوئیدی بویژه هوموس قوی باشد. بهترین pH برای رشد و نمو ذرت بین ۵/۵ تا ۶/۵ است (خدابنده، ۱۳۸۷). ذرت نسبت به کمی اکسیژن در محیط ریشه که عمدتا ناشی از وجود قشرهای فشرده تحت‌الارضی است بسیار حساس است. همچنین حساست بالایی به شوری خاک دارد به نحوی که شوری برابر ۷ میلی‌موس بر سانتی متر سبب کاهش ۵۰ درصدی عملکرد آن می‌شود (مجنون حسینی،۱۳۸۵).

۲-۱-۶- نیازهای غذایی ذرت

ذرت گیاهی است سریع رشد که مواد غذایی را از خاک جذب نموده و در طول دوره رشد به مواد غذایی مختلف و نسبتا زیادی نیاز دارد. ذرت به مواد ارگانیک احتیاج زیادی دارد و در زمین‌هایی که مواد ارگانیک به اندازه کافی وجود داشته باشد، رشد آن افزایش یافته و مقدار محصول بالا می‌رود. برای زمین لازم است مقدار ۲۰ تا ۴۰ تن کود دامی همراه با شخم پاییزه به آن داده شود. کود شیمیایی، به ویژه آنهایی که حاوی عناصر پرمصرف نیتروژن، فسفر، پتاسیم، منیزیم و گوگرد و عناصر کم مصرف مانند منگنز، آهن، روی و مولیبدن هستند، برای بالا بردن سطح تولید ذرت ضروری هستند. به این علت است حصول عملکردهای بالا در زراعت ذرت بدون مصرف کودهای شیمیایی و دامی حتی در اراضی حاصلخیر امکان‌پذیر نمی‌باشد. قسمت اعظم عناصر غذایی تا شروع تشکیل دانه‌ها در ذرت جذب می‌شوند (نورمحمدی و همکاران،۱۳۸۹).

۲-۱-۶-۱ – نیتروژن

نیتروژن، یکی از عناصر اصلی مورد نیاز گیاه می‌باشد و بیشتر از سایر عناصر در تغذیه گیاهی مصرف می‌شود. بهتر است کود نیتروژن در بهار و طی دو مرحله به زمین اضافه گردد تا بیشتر و بهتر در اختیار گیاه قرار گیرد. معمولا نصف کود نیتروژن را در زمان کاشت و بقیه را در اواسط دوره رشد می‌توان در اختیار ذرت قرار داد. هر گاه نیتروژن به میزان کافی در اختیار گیاه قرار نگیرد بوته‌ها کوتاه مانده و در صورتی که این کمبود ادامه یابد برگ‌ها باریک و زرد می‌شوند (خدابنده،۱۳۸۷).

۲-۱-۶-۲- فسفر

فسفر یکی از عناصری است که ذرت نیاز فراوانی به آن دارد، کمبود آن بویژه در مراحل ابتدایی رشد سبب تضعیف سیستم ریشه‌ای، رشد کند ساقه‌ها، تاخیر در ظهور گل‌تاجی و ورود زود هنگام به مرحله زایشی می‌گردد. از طرفی نظم ردیف‌های دانه بر روی بلال به هم می‌خورد و قسمت انتهایی بلال بدون دانه باقی می‌ماند. مرحله بحرانی تغذیه ذرت با فسفر از زمان ظهور هفتمین برگ تا ظهور گل‌تاجی است. میزان فسفر مورد نیاز ذرت بستگی به فسفر قابل دسترس گیاه در خاک دارد و بهترین زمان مصرف کود فسفر هنگام کاشت می‌باشد (نورمحمدی و همکاران،۱۳۸۹).

۲-۱-۶-۳- پتاس

پتاسیم همانند نیتروژن جزء عناصر پر مصرف مورد نیاز ذرت است. جذب نیتروژن با پتاسیم برابری می‌کند. پتاسیم عنصری ضروری برای رشد و نمو ذرت می‌باشد به نحوی که سبب افزایش مقاومت گیاه به خوابیدگی، کم‌آبی و بیماری‌ها می‌گردد و جذب نیتروژن را نیز افزایش می‌دهد. علائم کمبود پتاسیم در ذرت به صورت کوتاه ماندن میانگره‌های ساقه و خشک شدن حاشیه و راس برگ‌ها ظهور می‌کند. از طرفی دیگر راس بلال به خوبی از دانه پوشیده نمی‌شود. پتاسیم بر خلاف نیتروژن و فسفر که بیشتر در دانه ذخیره می‌گردند، بیشتر در اندام‌های رویشی باقی می‌ماند و سرعت جذب آن از دو عنصر دیگر بیشتر است، به طوری که جذب آن چند هفته قبل از رسیدن متوقف می‌گردد. پخش کودهای پتاسیم عموما در زمین‌هایی صورت می‌گیرد که از نظر وجود این عنصر فقیر باشند (خدابنده،۱۳۸۷).

۲-۱-۶-۴- روی

روی یکی از عناصر ضروری در تغذیه گیاهان است که معمولاً از طریق خاک جذب گیاه می‌شود . یکی از وظایف مهم روی در گیاه سنتز پروتئین است. در اثر کمبود روی تشکیل پروتئین‌ها از اسیدهای آمینه کاهش یافته و در نتیجه غلظت اسیدهای آمینه و آمیدها افزایش می‌یابد. در اثر کمبود این عنصر مقدار RNA (اسید ریبونوکلئیک) کاهش یافته که این امر موجب کاهش میزان پروتئین می‌گردد. روی درگیاه در بسیاری از سیستم‌های آنزیمی نقش کاتالیزوری، فعال‌کننده یا ساختمانی دارد (ضیائیان و همکاران، ۱۳۸۰ ؛ ضیائیان و ملکوتی ، ۱۳۸۰). مقدار متوسط روی در برگ‌های ذرت ۳۰ تا ۵۰ و حد بحرانی آن ۲۵ میکروگرم بر گرم ماده خشک است. روی در ذرت تحرک کمی داشته و علائم کمبود ابتدا در برگ‌ها و اندام‌های جوان ظاهر می‌گردد. در ذرت کمبود روی علاوه بر علائم عمومی کمبود که زردی برگ‌های جوان است، موجب کچلی بلال و پر نشدن انتهای آن می‌شود (ضیائیان و ملکوتی ، ۱۳۸۰ ؛ غیبی و ملکوتی ، ۱۳۷۸).

۲-۱-۶-۵- بر

بر از جمله عناصر کم مصرف ضروری است که در تغذیه گیاهان از جمله ذرت نقش مهمی ایفا می‌کند . بر در توازن نشاسته، قند گیاهی، انتقال قند و نشاسته، تقسیم سلولی، متابولیسم نیتروژن و فسفر و تشکیل پروتئین نقش دارد (ضیائیان و همکاران، ۱۳۸۰). این عنصر به راحتی در گیاه انتقال نمی یابد و درنتیجه گیاهان مبتلا به کمبود، دارای ظاهری جارویی هستند زیرا فاصله میانگره‌های بالایی زیاد نمی-شود. در اثر کمبود بر نظم و ترتیب دانه‌ها روی بلال‌ها به هم خورده و حالت بد شکلی به بلال می‌دهند بطوری‌که بعضی از قسمت‌های بلال از دانه خالی است (ضیائیان و ملکوتی، ۱۳۸۰).

۲-۱-۶-۶ - مس

مس از جمله ریز مغذی هایی است که به مقدار کم مورد نیاز گیاه است، اما علیرغم این امر نقش مهمی درگیاه بازی می‌کند. این عنصر در متابولیسم پروتئین و کربوهیدرات‌ها شرکت می‌کند. مس علاوه بر رشد رویشی، بر رشد زایشی و در نتیجه عملکرد دانه اثر می‌گذارد. اثر کمبود مس بر رشد زایشی بیش از رشد رویشی است. مس در گرده افشانی و عمل تلقیح دخالت دارد. علت این امر را علاوه بر دوام گرده به عواملی مانند فقدان نشاسته در گرده و جلوگیری از آزاد شدن آن از تخمدان و در نتیجه صدمه به چوبی شدن دیواره پرچم نسبت می‌دهند. کمبود مس بر تشکیل دانه و بذر تأثیر گذاشته و موجب کاهش عملکرد می‌گردد. به همین دلیل وجود مس کافی در مرحله تلقیح ضروری است (ضیائیان و ملکوتی، ۱۳۸۰). نشانه‌های کمبود مس در غلات از جمله ذرت ابتدا در برگ‌ها ظاهر می‌شود. در این حالت ساقه سفید، برگ‌ها باریک و پیچیده و فاصله بین گره‌ها کوتاه‌تر از حالت عادی است (ضیائیان و ملکوتی، ۱۳۸۰).

۲-۱-۶-۶ – آهن

آهن نیز یکی از ریز مغذی‌های ضروری است که در بسیاری از سیستم‌های آنزیمی گیاهی مانند سیتوکروم شرکت می‌کند. آهن در سنتز پروتئین و رشد مریستم نوک ریشه دخالت دارد. در خاک‌هایی که غلظت آهن قابل استفاده کمتر از ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم باشد، نیاز به کودهای محتوی آهن مطرح خواهد بود. آهن برای تنفس و عملیات اکسید و احیا در گیاه ضروری است و با توجه به نقشی که در تولید کلروفیل دارد، در فتوسنتز گیاهی نقش مهمی را ایفا می‌کند. مقدار آهن در بافت‌های گیاهی از ۸۰-۲۰۰ میکروگرم در گرم ماده خشک متغیر است. تحرک و پویایی آهن در گیاه کم است، به همین

دلیل علائم کمبود این عنصر ابتدا در برگ‌ها و اندام‌های جوان دیده می‌شود. در ذرت کمبود آهن بصورت راه راه شدن برگ ظاهر شده که رگبرگ‌ها سبز و فواصل بین آنها زرد می‌شود (ضیائیان و همکاران، ۱۳۸۰). برای رفع کمبود آهن می‌توان از طریق محلول‌پاشی سولفات آهن با غلظت ۵ در هزار (۲ الی ۳ بار) استفاده کرد. اولین مرحله محلول‌پاشی مرحله ۶ تا ۸ برگی است (ضیائیان و همکاران ، ۱۳۸۰؛ غیبی و ملکوتی ، ۱۳۸۰).

۲-۱-۶-۶ - منگنز

منگنز از دیگر عناصر کم مصرف و ضروری است که دارای نقش‌های متفاوتی در گیاهان است. این عنصر در خاک و در گیاه دارای ظرفیت‌های متفاوتی است. به همین دلیل در واکنش‌های اکسیداسیون و احیاء در سیستم الکترون و در عمل فتوسنتز شرکت می‌کند و در نتیجه در تولید کلروفیل نقش دارد. علاوه بر این منگنز به عنوان فعال‌کننده بسیاری از آنزیم‌ها عمل می‌کند. کمبود منگنز در ذرت موجب کاهش تعداد دانه در بلال می‌گردد. علت اصلی این عمل را گرده افشانی ضعیف و یا کمبود کربوهیدرات برای پر کردن بلال ذکر می‌کنند. بسته به شرایط مختلف و شدت کمبود می توان ۴۰ تا ۶۰ کیلوگرم از سولفات منگنز را قبل از کاشت بصورت نواری مصرف نمود. علاوه بر این می‌توان از همین کود و بصورت محلول ۳ تا ۵ در هزار استفاده نمود. اولین زمان محلول‌پاشی مرحله ۶ تا ۸ برگی است که در صورت نیاز می‌توان آن را تکرار نمود (ضیائیان و ملکوتی، ۱۳۸۰؛ غیبی و ملکوتی، ۱۳۸۰).

۲-۲- اهمیت خاک و موجودات زنده آن در کشاورزی پایدار

با توجه به اینکه خاک بستر رشد گیاه و فعالیت‌های کشاورزی است، حفظ حاصلخیزی خاک از مهمترین مباحث مربوط به کشاورزی پایدار می‌باشد. در حفظ حاصلخیزی خاک یکی از مهمترین مسائل، حفظ موجودات زنده درون خاک و حفظ تنوع آن‌ها می‌باشد (کامکار و مهدوی دامغانی، ۱۳۸۷). حشرات، کرم‌های خاکی، قارچ‌ها و باکتری‌ها در حفظ پایداری خاک دارای اهمیت بسیار زیادی می‌باشند و بدون توجه به آن‌ها نیل به حفظ حاصلخیزی و پایداری خاک امکان پذیر نخواهد بود. موجودات زنده خاکزی بوسیله اثرات مقابل با یکدیگر، با گیاه و بخش اسکلتی خاک، در پایداری و استحکام ساختمان خاک، درجه حاصلخیزی خاک و تامین عناصر مورد نیاز گیاه و همچنین تامین سلامت گیاه نقش بسزایی دارند. استفاده از میکروارگانیسم‌های خاک همزیست با گیاه از دیرباز مورد توجه متخصصین تغذیه گیاهی بوده است (نصیری محلاتی و همکاران،۱۳۸۶). در علم بیولوژی خاک سعی می‌گردد موجودات زنده مخصوصا میکروارگانیسم‌ها که به نحوی در افزایش قابلیت جذب عناصر و بهبود شرایط خاک و نهایتا افزایش عملکرد گیاه موثرند انتخاب گردیده و به صورت کودهای بیولوژیک در اختیار زارعین قرار گیرند. این یکی از راه‌های اصلی حفظ حاصلخیزی خاک و عدم استفاده از کودهای شیمیایی و ایجاد سیستم‌های مستقل و غیره وابسته به نهاده‌های خارجی و مصنوعی می‌باشد (کوچکی و همکاران،۱۳۷۶).

۲-۳- کاربرد کودهای بیولوژیک

گیاهان برای رشد و تولید محصول نیاز به عناصر غذایی دارند، که عمدتا از طریق خاک و همچنین کودهای شیمیایی در اختیار آنها قرار می‌گیرد. استفاده از کودهای شیمیایی در تولید محصولات زراعی انقلابی به وجود آورده است، که در حال حاضر یکی از مهمترین نهاده‌های کشاورزی محسوب می‌شود. در

سال ۱۹۹۸ حدود ۳۶۵ میلیون تن کود شیمیایی در جهان در سطحی معادل ۱/۴ میلیارد هکتار مورد استفاده قرار گرفت در حالی که این رقم در سال ۱۹۶۱ معادل ۱۰۰ میلیون تن بود و در طی ۵۰ سال اخیر با رشد بی سابقه ای روبرو شده است. هر ساله نیز انواع جدیدتری از کودهای شیمیایی و با فرمولاسیون‌ها و درصد متفاوت عناصر غذایی معرفی می شوند (اسدی رحمانی و همکاران، ۱۳۸۳). از طرف دیگر جمعیت دنیا هر ساله افزایش می‌یابد و این امر سبب افزایش فشار هر چه بیشتر به اراضی کشاورزی به منظور تولید بیشتر محصولات کشاورزی شده است. تا حدود سال ۱۹۰۰، در جهان و به ویژه ایالات متحده آمریکا، تقاضا برای افزایش تولیدات کشاورزی به طور عمده با زیر کشت بردن اراضی جدید تامین می‌شد. ولی این روش دوام چندانی نداشت (اسدی رحمانی و همکاران، ۱۳۸۳). لذا ایده افزایش تولید در واحد سطح با مصرف بیشتر کودهای شیمیایی قوت گرفت که این امر به نوبه خود مشکلات جدیدتری را در عرصه محیط زیست ایجاد نمود. در سالهای اخیر در پی بحران آلودگی‌های زیست محیطی و به ویژه منابع خاک و آب، خطرات جدی نظیر برهم خوردن چرخه عناصر غذایی در خاک، در این راستا به وجود آمده است. بدین جهت تلاش‌های گسترده ای به منظور یافتن راهکارهای مناسب برای بهبود کیفیت خاک، بهبود محصولات کشاورزی و حذف آلاینده‌ها آغاز شده است.

استفاده از میکروارگانیسم‌های خاکزی به منظور افزایش رشد و تولید گیاهان از اوایل قرن بیستم میلادی ابتدا در آمریکا و روسیه و سپس در کشورهای دیگر آغاز شد. اما به دلیل اثرات سریع و آنی کود-های شیمیایی، سهولت در کاربرد و قیمت ارزان آنها، کودهای بیولوژیک مورد استقبال قرار نگرفت. در سی سال اخیر به دلیل آشکار شدن اثرات زیان بار ناشی از مصرف بی رویه کودهای شیمیایی و قیمت روبه افزایش آنها، مجددا استفاده از کودهای بیولوژیک در کشاورزی مطرح شده است (اسدی رحمانی و همکاران، ۱۳۸۳).

۲-۳-۱-کود زیستی

اصطلاح کوددهی آلی به مواد آلی حاصل از کودهای دامی، بقایای گیاهی، کود سبز و غیره اطلاق می-شود، و کودهای زیستی (بیولوژیک)، ماده‌ای (جامد، نیمه جامد یا مایع)، حاوی ریز جاندارن با فرآورده-های آنها هستند

که در ارتباط با تثبیت نیتروژن یا فراهمی فسفر، گوگرد و سایر عناصر به ویژه ریز مغذی‌ها در خاک فعالیت می‌کنند. در صورت مصرف از طریق تلقیح بذر، سطح گیاه یا خاک در ناحیه اطراف ریشه یا درون گیاه تشکیل کانوپی داده و با افزایش تامین یا فراهمی عناصر غذایی موجب افزایش رشد و نمو گیاه میزبان می‌شوند (وسی، ۲۰۰۳). بر این مبنا، کودهای زیستی عمدتا شامل باکتری‌های محیط ریشه، تثبیت کننده زیستی نیتروژن ملکولی، همزیست، آزادزی و همیار، باکتری‌ها و قارچ‌های حل کننده فسفات، قارچ‌ها و باکتری‌های حل کننده سلیکات، باکتری‌ها و قارچ‌های اکسید کننده گوگرد، قارچ‌های میکوریزایی و غیره و مواد حاصل از فعالیت آنها می‌باشند (زهیر و همکاران،۲۰۰۴). بنابراین به طور کلی کودهای زیستی به مجموعه مواد نگهدارنده با مقدار زیاد از یک یا چند ریز جاندار خاکزی و یا فرآورده-های متابولیک آنها که بیشتر به منظور تامین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه و ایجاد شرایط فیزیکی و شیمیایی مناسب خاک برای رشد و نمو آن و به صورت مایه تلقیح زنده برای مصرف در خاک و همراه با بذر، اطلاق می‌گردد (شارما،۲۰۰۳).

امروزه استفاده از کودهای زیستی ، به خصوص در خاک‌های فقیر از عناصر غذایی، ضرورتی اجتناب ناپذیر برای حفظ کیفیت خاک و محیط زیست است. کودهای زیستی به مواد حاصلخیز کننده‌ای اطلاق می‌شود که حاوی تعداد کافی از یک یا چند گونه ارگانیسم‌های مفید خاک هستند که روی مواد نگهدارنده مناسبی عرضه می‌شوند. کودهای زیستی به صورت مایع تلقیح میکروبی و به عنوان یک ترکیب

حاصل از سویه‌های میکروبی موثر با راندمان بالا برای تامین یک یا چند عنصرغذایی مورد نیاز تعریف می شوند (صالح راستین،۱۳۸۰).

ریزوسفر به لایه نازک ۱ الی ۳ میلی متری از خاک اطراف ریشه اطلاق می‌شود که موجودات در آن از نظر کمی و کیفی تحت تاثیر فعالیت‌های ریشه نظیر تنفس و ترشحات ریشه قرار دارند. این ناحیه در مقایسه با کل توده خاک، به واسطه تجمع ترکیبات آزاد شده از ترشحات ریشه، غنی از مواد غذایی است (کورل و ترولاو، ۱۹۸۶). به دلیل اینکه میکرواورگانیسم‌ها قادرند از این ترکیبات آلی به عنوان منبع کربن و تولید انرژی استفاده نمایند، رشد و فعالیت آنها به طور محسوسی در ناحیه ریزوسفر افزایش می‌یابد. این موضوع توسط برخی از باکتری‌های ناحیه اطراف ریشه که تجمع آنها در ریزوسفر ۱۰ تا ۱۰۰ برابر بیشتر از کل توده خاک بوده است تائید شده است (ولر و تماشو، ۱۹۹۴). باکتری‌های موجود در محیط اطراف ریشه که قادر به کلونیزه شدن با ریشه گیاه هستند ریزوباکتر، نامیده می شوند و بر مبنای اثراتی که بر روی رشد گیاهان دارند به گروه های مفید، زیان آور و بی‌اثر طبقه بندی می‌شوند. ریزوباکترهای مفید که تحریک کننده رشد گیاهان هستند اغلب به عنوان باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاهان یا PGPR شناخته می‌شوند (دیویسون، ۱۹۸۸و کلوپر و همکاران، ۱۹۸۹). این گروه از باکتری ها شامل گونه ها و سویه‌های مختلفی می‌باشند. تحریک رشد گیاهان توسط سویه‌های زیادی از باکتری‌های جنس *Azotobacter*، *Arthrobacter*، *Bacillus*، *clostridium*، *Enterobacter*، *Hydrogenophaga*، *Serratia*، *Azospirillum* و *Pseudomonas* گزارش شده است (پروبانزا و همکاران، ۱۹۹۶و گیلیک،۱۹۹۵: ولر و تماشو، ۱۹۹۴). باکتری‌های خانواده *Rhizobiaceae* نیز قادرند با ریشه سایر گیاهان بدون تشکیل گره ارتباط همیاری برقرار کنند (رییز و اس چیمیدت، ۱۹۷۹). ضمنا می‌توانند موجب تحریک و افزایش رشد و عملکرد غیره بقولات در شرایط مزرعه گردند (یانی و همکاران،۲۰۰۱)، بنابراین از این جهت می‌توانند به عنوان PGPR در نظر گرفته شوند. ریزوبیوم فقط زمانی به عنوان PGPR در نظر گرفته می‌شود که با غیره بقولات همراه باشد.

باکتری‌های PGPR اغلب در نزدیکی و یا حتی در داخل ریشه گیاهان یافت می‌شوند (رسولی و همکاران، ۱۳۸۲ و اسدی رحمانی و همکاران،۱۳۸۳). این باکتری‌ها قادرند از طریق مکانیسم‌های مختلف اثرات مثبتی را بر رشد گیاهان اعمال نمایند. برخی به طور مستقیم موجب تحریک رشد گیاه می‌شوند. برخی دیگر از انواع باکتری‌های PGPR توسط مکانیسم‌های غیره مستقیم بر رشد گیاه اثر می‌گذارند. اثرات غیره مستقیم عمدتا از طریق اعمال بازدارندگی بر رشد میکروارگانیسم‌های بیماری زا است که به آنها عوامل کنترل کننده زیستی[1] گفته می شود.

در سال‌های اخیر به دلیل شناسایی توانایی‌های ذاتی مفید بسیاری از این باکتری‌ها بویژه آزوسپیریلوم، ازتوباکتر، این دو گروه در زمره باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه قرار گرفته‌اند و امکان کاربرد گسترده آنها در زراعت انواع گیاهان زراعی، مورد توجه و تاکید واقع شده است.

۲-۳-۱-۱- ازتوباکتر

ازتوباکتر یک باکتری آزادزی تثبیت کننده نیتروژن هواست. مقدار تثبیت نیتروژن به وسیله‌ی این باکتری۴۰-۳۰ کیلوگرم در هکتار در سال است. به دلیل هتروتروف بودن، این باکتری برای تثبیت نیتروژن، نیاز به وجود مقدار زیادی ماده آلی دارد. برای این منظور استفاده توام ازتوباکتر و کود دامی در خاک‌های ایران که اکثرا دارای مواد آلی کم هستند توصیه می‌شود. ازتوباکتر با بسیاری از میکروارگانیسم‌های خاک روابط آنتاگونیستی دارد از جمله می‌توان به کنترل رشد انواعی از قارچ‌های بیماری‌زا به وسیله ازتوباکتر اشاره کرد (خسروی، ۱۳۷۶). ازتوباکترها به دلیل فراوانی و وسعت انتشار بیش از سایر انواع تثبیت کننده‌ها مورد توجه قرار گرفته‌اند و در خاک‌های مناطق معتدله بیشترین اهمیت را دارند (دارت و دی، ۱۹۷۵). ازتوباکتر کروکوکوم به

1- Biological control

عنوان مایع تلقیح بذری نه تنها در تثبیت نیتروژن بلکه بر سایر خصوصیاتی از قبیل تولید هورمون‌ها رشد، مواد

ضد قارچی، سیدروفورها و اثر حل کنندگی فسفات نیز موثر است این مجموعه بررسی‌های انجام شده بیانگر آن است که کارایی تثبیت بیولوژیک در سویه‌های ازتوباکتر کروکوکوم علاوه بر فیزیولوژی باکتری ، به نوع گونه گیاهی و شرایط محیطی نیز وابسته است (نارولا و همکاران، ۲۰۰۰).

۲-۳-۱-۲- آزوسپیریلوم

باکتری‌های جنس آزوسپیریلوم، هوازی و شیمیوارگانوتروف می‌باشند. آنها اکثرا گرم منفی هستند. این باکتری‌ها در فشار کم اکسیژن قادر به تثبیت بیولوژیکی نیتروژن هستند (گریتی و همکاران، ۲۰۰۱ ؛ استار و همکاران، ۱۹۹۵). آزوسپیریلوم به تعداد زیاد ($۱۰^{۷}$ در گرم) در ریزوسفر خاک‌ها و در همیاری ریشه، ساقه و برگ گیاهان مختلف وجود دارند. در ذرت رشد یافته در مزرعه، آزوسپیریلوم روی سطح پوست ریشه و برخی از قسمت‌های داخلی آن دیده شده است. سرایت این باکتری ابتدا در انشعابات ریشه رخ می‌دهد و بعدا به صورت طولی در ریشه اصلی گسترش می‌یابد (پاتری کویین و همکاران، ۱۹۸۳). نتایج بیشتر پژوهش‌ها گویای آن است آزوسپیریلوم با توان تثبیت زیستی نیتروژن، گسترش سطح ریشه، کمک به جذب بهینه آب و عناصر غذایی و تولید هورمون های رشد و برخی از ویتامین‌ها، رشد کمی و کیفی غلاتی چون ذرت و گندم را تقویت می‌کند، که نتیجه آن به صورت افزایش عملکرد نمایان می-گردد. شرط مهم و ضروری برای ایجاد همیاری موثر، جذب سطحی باکتری توسط ریشه است. آزوسپیریلوم یک باکتری همیار تثبیت کننده نیتروژن هوا است. در هندوستان آزمایشات مزرعه‌ای با استفاده از مایع تلقیح ازتوباکتر و آزوسپیریلوم بر روی بذر و نشاء گیاهانی نظیر گندم، برنج، نیشکر، گوجه

فرنگی، ذرت، سیب زمینی، جو، یولاف، کلم، بادمجان در شرایط مختلف آب و هوایی انجام شده است و نتیجه، افزایش عملکرد در همه محصولات بین ۱۲-۷ درصد بوده است و این افزایش عملکرد عمدتاً به دلیل تثبیت نیتروژن مولکولی بوده است اما سنتز اکسین، ویتامین ها و هورمون‌های محرک رشد و مواد ضد قارچی نیز اثر مفیدی بر روی رشد و جوانه زنی گیاه داشته است (خسروی ،۱۳۸۲و ملکوتی و غیبی ۱۳۸۲).

۲-۳-۲- افزایش رشد گیاه

اثرات باکتری‌های PGPR برای رشد و نمو گیاهان به دو صورت اثرات مستقیم و اثرات غیر مستقیم می‌باشد. (زهیر و همکاران، ۲۰۰۴). در حالت مستقیم انواع PGPR با استفاده از مکانیزم‌های تثبیت زیستی نیتروژن، افزایش جذب و فراهمی یا محلول کردن عناصر غذایی، تولید هورمون‌های رشد گیاهی، تولید انواع ویتامین‌ها، تولید سیدروفورهای کلاته کننده آهن و محلول ساختن فسفات باعث تحریک و افزایش رشد گیاهان می‌شوند(حاجیلو، ۱۳۸۹). در حالت غیرمستقیم، با استفاده از مکانیسم‌های مختلف آنتاگونیستی اثرات مضر بیمارگرهای گیاهی را خنثی یا تعدیل نموده و بدین طریق موجب افزایش رشد گیاه می‌شوند. رقابت برای جذب مواد و اشغال جایگاه‌های مناسب برای فعالیت پاتوژن‌ها، تولید آنتی بیوتیک، سیانید هیدروژن (HCN) از مهمترین مکانیزم‌های مورد استفاده در این روش می‌باشند (گلیک و همکاران۱۹۹۵). کلوپر و همکاران (۱۹۸۶) گزارش کردند که کاربرد باکتری‌های محرک رشد باعث افزایش رشد و عملکرد سیب زمینی در شرایط مزرعه‌ای می‌شود.

۲-۳-۳- توان تولید سیدروفور:

سیدروفورها Siderophore ترکیب‌های آلی با وزن مولکولی کم و لیگاندهای شیمیایی با میل ترکیبی شدید و اختصاصی برای پیوند شدن با آهن III هستند (گورینوت ،۱۹۹۱). بعضی از سویه‌های باکتری-های PGPR قادرند در شرایط کمبود آهن سیدروفور ترشح کنند. این سازوکار علاوه بر تامین آهن مورد نیاز گیاه اثر غیر مستقیمی هم بر رشد گیاهان می‌گذارد. این تاثیر از طریق کاهش رشد عوامل بیماری-زای گیاهی و کاهش دسترسی پاتوژن‌ها به آهن می‌شود (گورینوت، ۱۹۹۱). سیدروفورها توسط گروه‌های مختلف میکروبی خاک تولید می‌شوند. از مهمترین تولید کنندگان سیدروفور باکتری جنس Pseudomonas می‌باشد(نلسون، ۲۰۰۴). اهمیت ویژه سیدروفورها در بین انواع متابولیت‌های میکروبی که در ریزوسفر آزاد می‌شوند، از یک سو به دلیل نقش کلیدی آهن در فرآیندهای متابولیک حیاتی در گیاهان و از سوی دیگر ویژگی‌های خاص عنصر آهن در خاک ارتباط پیدا می‌کند. نقش سویه‌های توانمند در تولید سیدروفور در کنترل عوامل بیماری‌زای گیاهی نیز به اثبات رسیده است (رمضانیان، ۱۳۸۴). در تحقیقی توسط رسولی صدقیانی (۱۳۸۶) نشان داده شد که مقدار فعالیت آهن در اندام‌های هوایی در کمپلکس تشکیل شده با سیدروفور استاندارد بیشتر از کمپلکس تشکیل شده با سه سویه Aeruginosa ، Fluorwscens و Putida بود لیکن این اختلاف در مورد سیدروفور Aeruginos و Fluorwscens در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود و جذب آهن بواسطه سیدروفور putida با سیدروفور استاندارد در یک گروه آماری قرار گرفت .

۲-۳-۴- حل فسفات‌های معدنی وآلی نامحلول:

گزارشات متعددی وجود دارد که توانای سویه‌های مختلف باکتریایی را برای انحلال ترکیبات معدنی فسفات‌های نامحلول نشان می‌دهد (خان و همکاران، ۲۰۰۹). باکتری‌های حل کننده فسفات از طریق

سازوکارهایی از جمله با ترشح اسیدهای آلی همانند اسید گلوکونیک، اسید اگزالیک و اسید سیتریک موجب کاهش pH خاک در منطقه ریزوسفر شده و در نتیجه سبب افزایش حلالیت فسفر نامحلول می-شوند (ایلمر،۱۹۹۵). از میان اسیدهای آلی به نظر می‌رسد که اسید گلوکونیک فراوان ترین عامل در انحلال فسفات‌های معدنی باشد (دلال، ۱۹۷۷). از مهمترین باکتری‌های حل کننده فسفات می‌توان به *Bacillus megaterium*،*Bacillus* ، *Enterobacter agglomerans* ، *Bacillus polymixa* ، *Bacillus subtilis* اشاره کرد (وسی و همکاران،۲۰۰۳). معدنی شدن اغلب ترکیبات آلی فسفره توسط آنزیم-های فسفاتاز که فسفرهیدرولازها نیز نامیده می‌شوند انجام می‌پذیرد (رودریجیوز،۱۹۹۹). باکتری‌های خاکزی از جنس‌های مختلف ریزوبیا ، سودوموناس‌ها و باسیلوس‌ها توانایی تولید مقادیر قابل توجهی آنزیم‌های فسفاتاز را دارند (کریچنر ،۱۹۹۳).

۲-۳-۵- جذب عناصر غذایی

تحقیقات شرمن (۲۰۰۴) نشان داد که تیمار گیاه ذرت با باکتری محرک رشد به طور معنی‌داری ارتفاع گیاه، وزن خشک ساقه، دانه، وزن خشک خوشه، طول و تعداد دانه ها در هر ردیف را افزایش داد. همچنین جذب عناصر غذایی مثل N, P, K, Fe, Zn و Cu توسط گیاه به طور معنی‌داری با کاربرد باکتری‌های محرک رشد افزایش یافت. همچنین نتایج نشان داد که تلقیح بعضی باکتری‌های محرک رشد این پتانسیل را دارد که عملکرد رشد ذرت و جذب عناصر غذایی را افزایش دهند. خسروی و همکاران(۲۰۰۹) در یک آزمایش گلدانی اثر تلقیح ریشه نهال سیب با چند سویه باکتری‌های بومی خاک بر جذب عناصر و برخی شاخص های رشد را بررسی کردند. نتایج نشان داد که تلقیح ، جذب پتاسیم، منیزیم، آهن، منگنز، روی و بر را توسط برگ‌ها و همچنین مقادیر جذب نیتروژن، پتاسیم، فسفر، منگنز و روی توسط ریشه را افزایش داده است.

۲-۴- نانو تکنولوژی

۲-۴-۱- کاربرد نانو در کشاورزی

از جمله فناوری‌های نوینی که در طول یک دهه‌ی اخیر دامنه و وسعت کاربرد آن رو به گسترش است، فناوری نانو می‌باشد. با توجه به عدم تناسب میان رشد جمعیت و نیاز غذایی، اهمیت نانو تکنولوژی به عنوان یک علم بین رشته‌ای و پیشتاز که می‌تواند باعث افزایش عملکرد محصولات کشاورزی در فرآیند کاشت، داشت و برداشت، بهینه سازی شرایط تولید و مدت نگهداری مواد غذایی و پروتئینی گردد، به خوبی آشکار می‌شود. در واقع علوم کشاورزی نزدیک به ۷۰ درصد از ۱۰ اولویت اول فناوری نانو در جهان را به طور مستقیم یا غیر مستقیم به خود اختصاص داده است (عطایی، ۱۳۹۰). در سال‌های اخیر تحقیق در حوزه فناوری نانو به طور چشمگیری افزایش یافته است. فناوری نانو می‌تواند راه‌هایی برای بالا بردن ارزش محصولات کشاورزی و رفع مشکلات محیطی ارایه دهد (بی‌نام، ۱۳۸۸). یکی از راه‌کارهای جدید برای افزایش امنیت غذایی استفاده از فناوری نانو می‌باشد (موسوی و رضایی، ۲۰۱۱). فناوری نانو، کاربردهای بالقوه نو ظهور و تازه‌ای در زمینه علوم کشاورزی ایجاد کرده است. با استفاده از این دانش می‌توان شیوه‌های فعلی مدیریت محصول را بهبود بخشید. بنیاد نانو تکنولوژی در آمریکا، واژه نانو تکنولوژی را چنین توصیف می‌کند "تحقیق و توسعه هدفمند، برای درک و دستکاری و اندازه‌گیری‌های مورد نیاز در سطح مواد با ابعاد در حد اتم" (رینولدز، ۲۰۰۲). نانو تکنولوژی به عنوان یک علم بین رشته-ای می‌تواند کاربرد وسیعی در بخش کشاورزی داشته و در موارد مهمی از جمله افزایش تولیدات زراعی، کم کردن مصرف سموم و کودها، طولانی‌تر کردن مدت نگهداری محصول کشاورزی تولید شده و شاید بتوان گفت در تمامی مراحل و نهاده‌ها و ابزار کشاورزی انقلابی در جهت بهبود ایجاد نماید (خیام نکویی و همکاران، ۱۳۸۸). معاونی و خیری (۲۰۱۱) نشان دادند تأثیر نانو ذرات دی اکسید تیتانیوم بر عملکرد ذرت قابل ملاحظه بود. در آزمایشی دیگر، ترکیبی از نانو اکسید سیلیس(SIO_2) و نانو ذرات نقره، فعالیت

نیترات ریدکتاز را در سویا افزایش داد و توانایی جذب و استفاده از آب و کود را تشدید نمود (لئو و همکاران، ۲۰۰۲). همچنین مظاهری نیا و همکاران (۲۰۱۰) در آزمایشی گلخانه‌ای دریافتند که کاربرد پودر اکسید آهن نانو نسبت به اکسید آهن معمولی افزایش معنی‌داری در غلظت آهن گیاه، طول سنبله، ارتفاع گیاه، وزن دانه در سنبله، کل وزن خشک کاه و کلش، وزن هزار دانه و وزن دانه در گندم داشته است. ممکن است این افزایش به دلیل خاصیت نانو ذرات و حلالیت بیشتر آن‌ها و سبک و کوچک بودن آن‌ها و شانس برخورد بیش‌تر ریشه‌ها به ذرات نانو نسبت به ذرات اکسید آهن معمولی باشد. همچنین مشاهده شد که تیمار نانو نقره (۵۰ میلی گرم بر لیتر) باعث افزایش درصد جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه و ریشه‌چه و در نهایت بهبود استقرار گندم گردید (صالحی و تمسکنی، ۲۰۰۸).

۲-۴-۲- کاربرد نانو کودها

به دلیل اثرات مضری که کودهای شیمیایی در محیط زیست و کیفیت غذا ایجاد می‌کنند، مدت‌ها است که استفاده از آن‌ها مورد نکوهش قرار گرفته است. در نانو کودها، به عنوان جایگزین کودهای مرسوم، عناصر غذایی به تدریج و به صورت کنترل شده آزاد می‌شوند. در نتیجه از آلوده شدن آب‌های زیرزمینی جلوگیری به عمل خواهد آمد. در حقیقت با بهره‌گیری از فناوری نانو در طراحی و ساخت نانو کودها، فرصت‌های جدیدی به منظور افزایش کارایی مصرف عناصر غذایی و به حداقل رساندن هزینه‌های حفاظت از محیط زیست، پیش روی انسان گشوده شده است (نادری و عابدی، ۲۰۱۲). از جمله مزایای استفاده از نانو کودها در مقایسه با کودهای مرسوم می‌توان به افزایش راندمان و کیفیت منابع غذایی به واسطه سرعت جذب بالاتر، عدم اتلاف کودها به وسیله آبشویی و جذب کامل کود به وسیله گیاه به دلیل رها سازی عناصر غذایی کود با سرعت مطلوب در تمام طول فصل رشد، کاهش آلودگی خاک و بهبود

وضعیت تغذیه‌ای گیاه اشاره کرد (نادری و شهرکی، ۱۳۹۰). همچنین یکی از مهم‌ترین کاربردهای فناوری نانو، استفاده از نانو کودها (Nano-fertilizer) برای تغذیه گیاهان می‌باشد. با استفاده از نانو ذرات (Nanoparticles)، ذراتی که در سه بعد در مقیاس نانو یعنی کوچکتر از ۱۰۰nm باشند، می‌توان کودهای کنترل شده یا کودهایی با تأخیر در انتشار تولید کرد. نانو ذرات به علت سطوح ویژه و بیش‌تر، چگالی بیش‌تر، نواحی واکنشی زیاد بر سطوح ذره از واکنش‌پذیری زیادی برخوردار هستند. این ویژگی‌ها، جذب کودها و آفت کش‌هایی که در مقیاس نانو تولید شده را آسان می‌سازد (ویس وانادان، ۲۰۰۹). عرضه کود-های شیمیایی به شکل نانو ذرات اخیراً مورد توجه قرار گرفته است. نتایج مطالعات موجود بیانگر واکنش متفاوت گونه‌های مختلف گیاهان به مواد غذایی تهیه شده به شکل نانو می‌باشد (زو و همکاران، ۲۰۰۸). برای مثال در مطالعه زو و همکاران (۲۰۰۸) در حالی که گیاه کدو *(Cucurbita maxiama)* قادر به جذب، انتقال و تجمع مواد نانو در بافت‌های خود بود، جذب و انتقال این مواد توسط گیاه *Phaseolus limensis* انجام نشد. تأثیر مواد مختلف نانو بر جوانه زنی برخی بذرها بررسی شده است. لو و همکاران (۲۰۰۲)، اثر مثبت نانو سیلیسیم را بر جوانه زنی و رشد گیاهچه سویا گزارش کردند. همچنین، نانو تیوب کربن به دلیل نفوذ بهتر به غشای بذر باعث افزایش جوانه زنی و رشد اولیه گوجه فرنگی شد (خوداکوسکایا و همکاران، ۲۰۰۹). نظران و همکاران (۱۳۸۸) در بررسی اثر زمان محلول‌پاشی نانو کود کلات آهن بر خصوصیات کمی و کیفی گندم دیم به این نتیجه رسیدند که محلول‌پاشی نانو کود کلات آهن در مرحله ساقه دهی بهترین نتیجه را با افزایش ۹۹٪ عملکرد و افزایش ۳۲/۴ ٪ مقدار آهن دانه داشته است و افزایش صفات کمی و کیفی نسبت به شاهد گزارش گردید. گزارش شده است که میانگین وزن تر اندام‌های هوایی با غلظت‌های مختلف نانو کود کلات آهن افزایش می‌یابد به طوری که استفاده از ۴ کیلوگرم در هکتار نانو کود نسبت به شاهد موجب افزایش ۵۸ درصدی وزن تر گردید (لادن مقدم و همکاران ۲۰۱۲). افزایش در جوانه زنی، وزن خشک گیاه، تشکیل کلروفیل، فعالیت آنزیم روبیسکو و

سرعت فتوسنتر در اسفناج در اثرتیمار با نانواکسید تیتانیوم مشاهده شد (گائو و همکاران،۲۰۰۶، ژانگ و همکاران،۲۰۰۵). اختیاری و همکاران (۱۳۸۸) آزمایشی روی گیاه رازیانه در غلظت صفر، ۴۰، ۶۰، ۸۰، ۱۰۰ میلی گرم در لیتر از محلول نانو نقره انجام دادند و بیان داشتند که نانو نقره روی جوانه زنی و خصوصیات رشدی این گیاه تاثیر مثبت دارد.

۲-۵- نقش عناصر غذایی در گیاهان

عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان به سه دسته تقسیم می‌شوند:

الف) عناصر مضر یا غیر ضروری برای گیاه Non-essential Elements

عناصر مضر، عناصری هستند که برای رشد و نمو گیاه زیان آورند و حتی در برخی موارد، غلظت‌های کم این عناصر می‌تواند موجب کاهش قابل توجهی در عملکرد و رشد گیاه گردد. ازجمله این عناصر می-توان سرب، کادمیم، جیوه، و نیکل را نام برد (ملکوتی و طهرانی، ۱۳۸۴).

ب) عناصر مفید برای گیاه Beneficial Elements

عناصر مفید، عناصری هستند که در صورتی که در محیط به مقدار کافی موجود باشند، سبب بهبود رشد گیاه و یا گیاهان خاصی می‌شوند به عنوان مثال سدیم برای چغندر قند، سیلیس برای برنج و جو و تا حدی برای گوجه فرنگی و یا مولیبدن و کبالت برای تثبیت بیولوژیکی نیتروژن توسط ریزوبیوم‌ها و جلبک‌های سبز و آبی خاصی مفید می‌باشند(ملکوتی و طهرانی، ۱۳۸۴).

ج) عناصر لازم یا ضروری برای گیاه Essential Elements

آرنون و اسکات (۱۹۳۹) سه معیار را برای ضروری بودن یک عنصر عنوان نموده‌اند. این سه معیار عبارت است از:

گیاه بدون آن عنصر قادر به تکمیل چرخه حیات خود نباشد

وظیفه آن عنصر توسط عنصر دیگری قابل انجام و جایگزینی نباشد

عنصر مستقیما در متابولیسم و تغذیه گیاه نقش داشته باشد.

براساس این معیارها تاکنون ۱۶ عنصر برای رشد و نمو گیاهان ضروری تشخیص داده شده است. کربن، اکسیژن، هیدروژن، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، گوگرد، آهن، منگنز، روی، مس، بر، مولیبدن و کلر شانزده عنصر ضروری مورد نیاز گیاهان هستند. سه عنصر اول یعنی کربن، اکسیژن و هیدروژن قسمت اعظم ماده خشک گیاهی (۶۰ تا ۹۰ درصد) را تشکیل می‌دهند و کمبود آن‌ها به جز در موارد کمبود آب و تنش خشکی دیده نمی‌شود. سه عنصر فوق همراه با شش عنصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم(عناصر کودی)، کلسیم و منیزیم (عناصر آهکی) و گوگرد عناصر غذایی پر مصرف برای گیاهان هستند. هفت عنصر دیگر یعنی آهن، منگنز، روی، مس، بر، مولیبدن و کلر عناصر غذایی کم مصرف هستند. مصرف عناصر ریز مغذی علاوه بر نقشی که در افزایش عملکرد کیفی و کمی محصولات کشاورزی دارند، در سلامتی انسان و دام که از مواد اولیه گیاهی استفاده می‌کنند نیز تأثیر بسزایی دارند. در کشور-های اروپایی به رغم شرایط اقلیمی مرطوب و خاک‌های با pH اسیدی که در این شرایط حلالیت عناصر میکرو بسیار بیشتر است، کودهای دارای عناصر کم مصرف در حدود ۴٪ از کودهای مصرف شده در این مناطق را شامل می‌شود. این مقدار نه تنها برای تأمین نیاز غذایی گیاهان جهت افزایش تولید در واحد سطح می‌باشد، بلکه برای غنی سازی محصولات کشاورزی مصرف می‌شود. بدیهی است که در شرایط

خشک و نیمه خشک ایران که بارندگی کم و اغلب خاک‌های زراعی آهکی هستند، ترکیبات محلول این عناصر در خاک به شدت کاهش می‌یابد و طبع آن غذای مصرفی جامعه نیز دچار مشکل می‌شود (ضیائیان، ۱۳۸۲). با مصرف ریز مغذی‌ها در خاک‌های آهکی، افزایش عملکرد در دانه‌های روغنی مشاهده شده و واکنش نسبت به مصرف کودهای محتوای روی، آهن، منگنز و بُر بیشتر از بقیه است (مرشدی و همکاران، ۱۳۷۹). طی تحقیقی توسط مرشدی (۱۳۷۹) گزارش شد، که محلول‌پاشی آهن و روی بر روی کلزا نشان داد که این عناصر، سبب افزایش تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در بوته و افزایش عملکرد دانه و روغن در گیاه گردید.

۲-۶- آهن

۲-۶-۱- نقش آهن در تغذیه و سلامت انسان‌ها

کمبود آهن یکی از مهم‌ترین و عمومی‌ترین کمبودهای تغذیه‌ای در جهان است که گستردگی وسیعی دارد. مهم‌ترین گروه‌های حساس به کمبود آهن کودکان، نوجوانان، زنان شیرده و حامله هستند. گزارش-های غیر رسمی حاکی از این است که بیش از ۳۰ درصد جمعیت جهان با کمبود آهن مواجه هستند. براساس یک آمار مستند از یک ایالت آمریکا ۲۰ درصد از زنان و ۳ درصد از مردان کم خون هستند. در کشورهای درحال توسعه کمبود آهن شیوع بیشتری دارد (مورتودف، ۱۹۹۱). تقریباً ۶۰ درصد از آهن بدن در هموگلوبین و ۸ تا ۹ درصد در میوگلوبین وجود دارد. آهن در انتقال اکسیژن یا CO_2 یا انتقال الکترون موثر بوده و به عنوان یک کوفاکتور در تعدادی از آنزیم‌های متابولیکی نظیر سیتوکروم اکسیداز عمل می‌کند (مورتودف، ۱۹۹۱). وجود آهن برای ادامه حیات اساسی و ضروری است. این عنصر برای تولید هموگلوبین موجود در گلبول‌های قرمز خون، میوگلوبین (ماده رنگین عضلات) و بعضی آنزیم‌ها

ضروری است. آهن برای سوخت و ساز صحیح ویتامین‌های B ضروری است، به رشد کمک کرده، مقاومت در برابر بیماری‌ها را زیاد می‌کند، از خستگی جلوگیری می‌کند (زهرایی، ۱۳۷۲). علائم کمبود آن شامل خستگی، احساس سرما و عدم تمرکز است. میزان نیاز به آهن براساس سن، جنس و وضعیت فیزیولوژیکی افراد متفاوت است (برسامین، ۲۰۰۴).

۲-۶-۲- نقش عنصر آهن در گیاهان

آهن در خاک از طریق انتشار و حرکت توده‌ای و عمدتاً به صورت آهن فریک (Fe^{3+}) منتقل و زمانی که وارد ریزوسفر گیاهی می‌شود، به فرم آهن فرو (Fe^{2+}) احیا و سپس توسط ریشه جذب می‌گردد (پیس و بنتون جونز،۱۹۹۷). به طور کلی گیاهان از دو استراتژی مشخص در محلول نمودن و جذب آهن در خاک استفاده می‌کنند (مارشنر و همکاران، ۱۹۸۶): دسته‌ای از گیاهان شامل گیاهان دو لپه‌ای و تک لپه‌ای‌های غیر گرامینه‌ای می‌توانند کمپلکس‌های Fe^{3+} را در سطح ریشه احیا و Fe^{2+} حاصله را در نزدیک ریشه جذب نمایند. دسته دیگری از گیاهان که شامل گرامینه‌ها هستند، می‌توانند از طریق ترشح لیگاندهای آلی با وزن مولکولی کم، قابل ترکیب با آهن، به نام سیدروفور، یون‌های Fe^{3+} را حل نموده و آن‌ها را برای جذب آماده سازند (ضیائیان، ۱۳۸۲). در گیاهان دو گروه مهم از پروتئین‌های حاوی آهن وجود دارد، پروتئین‌های هم و پروتئین‌های غیر هم (پروتئین‌های آهن- گوگردی). پروتئین‌هایی هم شامل سیتوکروم‌های مختلف هستند. معروفترین پروتئین آهن–گوگرد، فرودکسین است. پروتئین‌های آهن-گوگرد در فرآیندهای سوخت و ساز نظیر فتوسنتز، تنفس و تثبیت N_2 دخالت دارند. آهن تعدادی از آنزیم‌ها را فعال ساخته و نقش مهمی در سنتز RNA دارد. در اثر کمبود آهن غلظت کلروفیل و دیگر رنگیزه‌های گیاهی نظیر کاروتن و گزانتوفیل کاهش می‌یابد. آهن در فعال ساختن حامل‌های الکترون هر

دو فتوسیستم مؤثر است. در اثر کمبود آهن فتوسنتز شدیدا کاهش می‌یابد در حالی که کمبود آن بر تنفس اثری ندارد (مارشنر، ۱۹۹۵). علائم کمبود آهن ابتدا در جوان‌ترین برگ‌ها به صورت زردی بین رگبرگی بروز می‌کند سرانجام پهنک برگ به رنگ زرد و یا حتی سفید در می‌آید (بنفیت، ۱۹۹۲؛ مارشنر، ۱۹۹۵). هرچند وجود برخی فلزات سنگین از جمله آهن در خاک برای رشد طبیعی گیاهان ضروری است اما غلظت‌های زیاد این عناصر از طریق افزایش رادیکال‌های آزاد سمی و القای تنش اکسیداتیو می‌تواند عاملی برای بازدارندگی رشد و ایجاد علائم سمیت گردد (آلوارضا و همکاران، ۲۰۰۲؛ سوه و همکاران، ۲۰۰۲).

۲-۶-۳- علائم کمبود یا بیش بودن آهن در گیاهان

در اثر کمبود عناصر غذایی در محیط رشد، گیاه از خود عوارضی را نشان می‌دهد که از این عارضه می‌توان به کمبود آن پی برد، به طور مثال سبب اختلال در میزان رشد و توسعه ریشه، کاهش عملکرد بدون علائم ظاهری، اختلالات داخلی، توقف رشد، دیر رسی محصول و یا بروز اختلال در آن و علائم در شاخ و برگ ظاهر می‌شود. اگر گیاهی قادر به جذب آهن به مقذار کافی نباشد، سبزینه (کلروفیل) دربرگ‌ها کاهش می‌یابد. بدین ترتیب برگ‌ها رنگ پریده خواهند شد. در این حالت، ابتدا فاصله بین رگبرگ‌ها و سپس با شدت یافتن کمبود، به جز رگبرگ‌ها، تمام سطح برگ زرد می‌شود. از آن جا که آهن در گیاه پویا نیست (غیر متحرک است)، این علائم ابتدا در برگ‌های جوان و در قسمت بالای ساقه مشاهده می‌شود و با تشدید یافتن کمبود، تمامی گیاه را در بر می‌گیرد. گاهی در اواخر بهار که سرعت رشد گیاه زیاد است، به علت تکافوی جذب آهن، برگ‌ها زرد رنگ می‌شوند سپس با کاهش سرعت رشد، رنگ برگ‌ها به

تدریج سبز و دوباره در اواخر تابستان با تشدید رشد رویشی، علائم کمبود آهن یعنی زردی رنگ برگ‌ها مجدداً بروز می‌کند (برگمن، ۱۹۹۲).

۲-۷- محلول پاشی

علاوه بر افزودن کودها به خاک، عناصر غذایی معدنی به صورت محلول پاشی روی برگ‌ها نیز استفاده می‌شوند که به این روش، اصطلاحاً کود پاشی برگی می‌گویند. برگ‌ها نیز می‌توانند عناصر غذایی را جذب کنند. این روش اغلب نسبت به مصرف عناصر غذایی در خاک از مزایایی برخوردار است. تغذیه برگی، تأخیر زمانی بین مصرف و جذب عناصر غذایی بین مصرف و جذب عناصر غذایی به وسیله گیاه را کاهش می‌دهد و این مسئله در طی مرحله رشد سریع گیاه اهمیت دارد. همچنین در این روش مشکل جذب عناصر غذایی در خاک وجود ندارد (کافی و همکاران، ۱۳۸۳). در شرایط خاک‌های ایران، محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی از کاربرد آن‌ها در خاک به دلیل برطرف نمودن سریع کمبود، مصرف آسان‌تر، کاهش سمیت ناشی از تجمع و جلوگیری از تثبیت این عناصر در خاک مناسب تر است (ملکوتی و همکاران، ۱۳۷۸). از مزایای این نوع کوددهی، استفاده همزمان با حشره کش‌ها، قارچ کش‌ها و ... می‌باشد و هزینه کارگری و ماشین‌آلات و جذب سریع در گیاه، کاهش تثبیت و آبشویی از خاک و نیاز به مواد کمتری می-باشد (عبد هادی، ۱۹۸۶). نتایج آزمایش‌های مختلف نشان داد، محلول پاشی عناصر ریز مغذی در زراعت آفتابگردان تأثیر قابل توجهی بر بهبود خصوصیات رویشی و همچنین عملکرد آفتابگردان دارد (رحیمی زاده و همکاران، ۲۰۱۰). در بسیاری از کشورها، کشاورزان با مشکل کمبود عناصر غذایی و به ویژه کلروز آهن مواجه هستند. در خاک‌های آهکی که مشکل تثبیت و عدم جذب عناصر غذایی از جمله آهن وجود دارد. مناسب‌ترین روش تغذیه گیاهان به روش برگی است، با توجه به خصوصیات خاک‌های مناطق گرم

کشور که دارای کربنات کلسیم زیاد می‌باشند، مصرف خاکی آهن منجر به رسوب ترکیبات کربناته ترکیبات فوق در خاک می‌شود. بنابراین استفاده از این عناصر به صورت محلول پاشی می‌تواند برای رفع کمبود این عناصر در خاک مفید باشد (ملکوتی و همکاران، ۱۳۷۹). مصرف برگی عناصر ریز مغذی به دفعات متعدد، ضمن دفع کمبود آن‌ها سبب افزایش عملکرد کمی و کیفی گیاه می‌شوند (وایتی و چامبلیس، ۲۰۰۵).

۲-۷-۱- نقش محلول‌پاشی عنصر آهن و عناصر ریز مغذی بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاهان زراعی

یکی از مهم‌ترین نقش‌های ریزمغذی‌ها توازن فعالیت‌های فیزیولوژیکی است به علاوه این عناصر نقش حیاتی در بیرون کردن CO_2 گیاه و در نهایت بهبود ویتامین A و فعالیت‌های سیستم ایمنی دارند (نریمانی و همکاران، ۲۰۱۰). آن‌ها همچنین نقش مهمی در تقسیم سلول و توسعه بافت‌های مریستمی، فتوسنتز، تنفس و افزایش سرعت رسیدن گیاه دارند (زیدان و همکاران، ۲۰۱۰). حقیقت نیا و رجایی (۱۳۸۲) در مطالعه سطوح و روش مصرف سولفات آهن در خاک‌های آهکی نشان دادن، مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات آهن به صورت پخش سطحی همراه با محلول پاشی سبب افزایش ۵۲٪ عملکرد محصول نسبت به شاهد گردید. محلول‌پاشی ۶ در هزار نتایج تحقیقی نشان داد، سولفات آهن منجر به حداکثر توأم وزن و عملکرد دانه می‌شود و در حقیقت همبستگی این دو صفت بسیار بالاست (گولن، ۱۹۹۵). در مطالعه ای دیگر حقیقت نیا و رجایی (۱۳۸۲) بیان نمودند تأثیر میزان و روش مصرف عناصر میکرو به‌ویژه آهن بیانگر نقش مثبت آن‌ها در افزایش میزان عملکرد دانه و میزان عملکرد اقتصادی بوده و نقش مصرف آهن به صورت محلول‌پاشی بیشتر است. کیخا و همکاران (۱۳۸۴) با مطالعه زمان‌های

مختلف محلول‌پاشی آهن در ارقام کلزا بیان نمودند، محلول‌پاشی آهن در دو مرحله نسبت به تک مرحله گلدهی سبب افزایش عملکرد دانه می‌شود. با کاربرد ریزمغذی‌ها به روش محلول‌پاشی می‌توان وضعیت رشد گیاه را در شرایط تنش بهبود بخشید. تأثیر مثبت ریزمغذی‌ها بر عملکرد ماده خشک ممکن است به دلیل افزایش بیوسنتز اکسین در حضور عنصر روی، افزایش غلظت کلروفیل، افزایش فعالیت فسفواینول پیروات کربوکسلاز و ریبولوزبی‌فسفات کربوکسیلاز، کاهش تجمع سدیم در بافت‌های گیاهی و افزایش کارایی جذب نیتروژن و فسفر در حضور عنصر روی باشد. و عنصر آهن در تشکیل کلروفیل نقش دارد (راوی و همکاران، ۲۰۰۸؛ شرفی و همکاران، ۲۰۰۲). تحقیقی که توسط سانگال و همکاران (۱۹۸۱) گزارش شد، نشان داد که عملکرد دانه گلرنگ تحت تأثیر محلول‌پاشی بُر با غلظت ۰/۲ درصد، سولفات آهن با غلظت ۰/۴ درصد، سولفات روی با غلظت ۰/۵ درصد افزایش یافت.

فصل سوم:

مواد و روش‌ها

۳-۱- زمان و مشخصات محل اجراء آزمایش

این مطالعه در سال ۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود، واقع در منطقه بسطام اجرا شد. این شهر با طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۵۷ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۹ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۶۶ متر از سطح دریا واقع شده است. متوسط بارندگی سالیانه منطقه ۱۵۴ میلی‌متر، متوسط حداقل و حداکثر دمای سالیانه آن به ترتیب ۹/۶- و ۳۹ درجه سانتی‌گراد و از لحاظ اقلیمی جزء مناطق سرد و خشک به شمار می‌رود.

۳-۲- مشخصات آب و هوای محل آزمایش

منطقه دارای اقلیم سرد و خشک و متوسط بارندگی ۱۵۴ میلی متر در سال و با پراکنش نامنظم می-باشد. بارندگی عمدتا در فصول پاییز و زمستان رخ می‌دهد. در سال زراعی ۹۴-۹۳ حداقل و حداکثر دمای منطقه به ترتیب ۴/۸ و ۲۸ درجه سانتی گراد بود. بر اساس ایستگاه هواشناسی، مجموع بارندگی در سال زراعی ۹۴-۹۳ در این منطقه ۱۵۳/۹ میلی‌متر و میانگین سالانه دما ۱۵/۴ درجه سانتی گراد ثبت شده است (شکل ۳-۱).

شکل۳-۱- نمودار میزان بارش و دمای در محل آزمایش

۳-۳- خصوصیات خاک محل آزمایش

به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قطعه آزمایش، قبل از کاشت از پنج نقطه در عمق ۳۰-۰ نمونه برداری به عمل آمد. نمونه‌ها با هم ترکیب و یک نمونه مرکب تهیه شد. نمونه مرکب بدست آمده به آزمایشگاه منتقل و نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه در جدول ۳-۱ نشان داده شده است.

جدول ۱-۳- نتایج تجزیه خاک محل آزمایش در عمق ۳۰-۰ سانتیمتری

بافت خاک Texture	هدایت الکتریکی EC (dsm^{-1})	اسیدیته (pH)	شن Sand (٪)	رس Clay (٪)	لای Silt (٪)	مواد آلی OM (٪)	پتاسیم K (ppm)	فسفر P (ppm)	نیتروژن N (٪)
لومی رسی	۱/۸۲	۷/۶۵	۳۰	۲۶	۴۲	۰/۳۱	۲۰۵	۱۹	۰/۱۱

۴-۳- مشخصات طرح آزمایشی

آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل سه سطح کود زیستی باکتریایی به صورت خالص (شاهد(F_1)، ازتوباکتر کروکوکوم(F_2)، آزوسپیریلوم برازیلنس(F_3) به عنوان عامل اول و تیمار کلات آهن در پنج سطح (شاهد(N_1)، کلات آهن معمولی خاک مصرف(N_2)، کلات آهن معمولی محلول پاشی(N_3)، نانو کلات آهن خاک مصرف(N_4) و نانو کلات آهن محلول پاشی(N_5)) به عنوان عامل دوم بود. اندازه ذرات نانو ۲۰ نانومتر بود. در مجموع در هر تکرار ۱۵ ترکیب تیماری وجود داشت و تعداد کل کرت‌های آزمایشی ۴۵ کرت بود (جدول۳-۲).

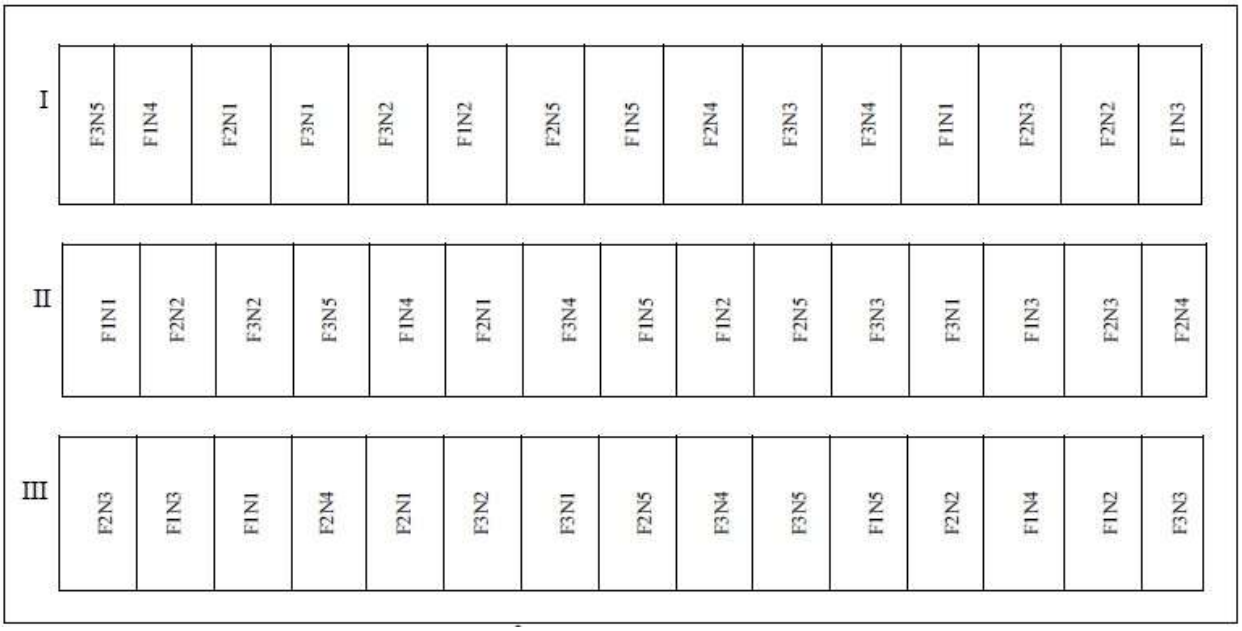
جدول۳-۲ ترکیبات تیماری مورد استفاده در آزمایش

شاهد	F1N1
کلات آهن معمولی – خاک مصرف ، بدون کاربرد کود زیستی	F1N2
کلات آهن معمولی- محلول پاشی، بدون کاربرد کود زیستی	F1N3
نانو کلات آهن – خاک مصرف ، بدون کاربرد کود زیستی	F1N4
نانو کلات آهن – محلول پاشی ، بدون کاربرد کود زیستی	F1N5
کاربرد ازتو باکتر بدون استفاده از ترکیبات آهن	F2N1
کاربرد ازتوباکتر به همراه کاربرد در خاک کلات آهن معمولی	F2N2
کاربرد ازتوباکتر به همراه محلول پاشی کلات آهن معمولی	F2N3
کاربرد ازتوباکتر به همراه کاربرد در خاک نانو کلات آهن	F2N4
کاربرد ازتوباکتر به همراه محلول پاشی نانو کلات آهن	F2N5
کاربرد آزوسپیریلوم بدون استفاده از ترکیبات آهن	F3N1
کاربرد ا آزوسپیریلوم به همراه کاربرد در خاک کلات آهن معمولی	F3N2
کاربرد آزوسپیریلوم به همراه محلول پاشی کلات آهن معمولی	F3N3
کاربرد آزوسپیریلوم به همراه کاربرد در خاک نانو کلات آهن	F3N4
کاربرد آزوسپیریلوم به همراه محلول پاشی نانو کلات آهن	F3N5

۳-۵- مشخصات کرت‌ها

طول هر کرت ۷ متر و شامل ۴ خط کشت با فواصل ۷۵ سانتی‌متر بین ردیف‌ها و فاصله ۲۰ سانتی‌متر روی ردیف کاشت بودند. همچنین فاصله بین کرت‌ها ۷۵ سانتیمتر در نظر گرفته شده تا اعمال تیمارها بر کرت‌های مجاور اثری نداشته باشند.

شکل ۳-۲- نمایی از مزرعه



شکل۳-۳- نقشه اجرایی طرح آزمایش

۳-۶- عملیات اجرایی

۳-۶-۱- عملیات آماده سازی زمین جهت کاشت

زمان مناسب کاشت ذرت با توجه به شرایط آب و هوایی منطقه شاهرود تعیین شد. با مساعد شدن شرایط جوی در اواسط اردیبهشت ماه، عملیات آماده سازی مزرعه آزمایشی انجام گرفت. مزرعه توسط گاوآهن برگرداندار شخم و سپس برای نرم کردن خاک و کلوخه‌ها دیسک زده و به وسیله فاروئر، پشته‌هایی به اندازه ۷۵ سانتی متری ایجاد شد. عمق کاشت بذر با توجه به عواملی نظیر بافت خاک، شرایط جوی و غیره، ۵ سانتی متر در نظر گرفته شد.

شکل ۳-۴-عملیات آماده سازی زمین جهت کاشت

۳-۶-۲-آماده کردن بذرها

بذر ذرت مورد استفاده در این آزمایش، هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ با قوه نامیه ۹۵ درصد بود. پیش از اقدام به کاشت، برای اطمینان از عدم آغشته بودن به هر گونه آلودگی، بذور سه بار شستشو و ضد عفونی شدند. ضد عفونی سطح بذرها به مدت ۱۰ دقیقه در محلول هیپوکلریت سدیم ۲ درصد انجام گرفت. به منظور کاهش جمعیت باکتری‌ها، حداقل فاصله زمانی بین زمان تلقیح بذور تا کاشت

کمتر از ۸ ساعت در نظر گرفته شد. با در گرفتن سطح کاشت در تیمارهای مختلف مقدار مشخصی از بذور توزین شده و با محلول پنج درصد آب و شکر برای چسباندن باکتری به بذور استفاده شد. در مرحله بعد مقدار تعیین شده از هر مایه تلقیح (با جمعیت تقریبی $۱۰^{۸}$ باکتری در هر میلی‌گرم) به بذور افزوده و بطور کامل مخلوط شدند. پس از فرآیند تلقیح، بذور را در سایه خشک نموده و جهت کشت به مزرعه منتقل گردیدند.

شکل۳-۵- مایه تلقیح بذور

۳-۶-۳- کاشت

عملیات کاشت براساس مقدار بذر مصرفی ۷-۶ کیلوگرم در هکتار، با فواصل بین خطوط ۷۵ سانتی متر و روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر به صورت دستی و به روش هیرم کاری در تاریخ ۱۳۹۴/۳/۱۹ در محل داغ آب صورت گرفت. از مرحله سبز شدن تا مرحله برداشت، یادداشت برداری در زمان‌های مشخص دقیقاً صورت گرفت.

۳-۶-۴- داشت

در طی فصل رشد برای تامین شرایط مناسب برای رشد گیاه در مزرعه، عملیات داشت شامل آبیاری، تنک کردن و کنترل علف‌های هرز انجام شد. اولین آبیاری بصورت جوی پشته بعد از انجام

عملیات کاشت صورت گرفت بعد از سبز شدن بذرها دوره آبیاری به صورت ۷ روزه بود و تا مرحله برداشت نهایی و قبل از برداشت به همین صورت ادامه یافت. بعد از مرحله سبز شدن و استقرار کامل گیاهچه‌ها (۶-۴ برگی) به منظور دستیابی به تراکم مورد نظر، با تنک کردن مزرعه بوته‌های اضافی حذف و به منظور مبارزه با علف‌های هرز، علف‌های هرز توسط دست وجین شدند.

۳-۶-۵- اعمال تیمارها

۳-۶-۵-۱- سطوح مختلف کودهای زیستی

در این آزمایش سه سطح تیمارهای کود زیستی که در موقع کاشت اعمال گردید شامل: F_1(شاهد)، F_2(ازتوباکتر کروکوکوم) و F_3 = (آزوسپیریلوم برازیلنس) بود.

۳-۶-۵-۲- سطوح مختلف کود کلات آهن

پنج سطح کلات آهن شامل: N_1= شاهد (بدون مصرف هیچ نوع کود)، N_2= کلات آهن معمولی خاک مصرف، N_3= کلات آهن معمولی محلول پاشی ، N_4= نانو کلات آهن خاک مصرف و N_5 = نانو کلات آهن محلول پاشی لحاظ شدند. اندازه ذرات نانو ۲۰ نانومتر و از شرکت خضراء (۹ درصد آهن) و کلات آهن معمولی فرتیرون (۹ درصد آهن) تهیه شد. در این بین محلول‌پاشی و کاربرد خاکی نانو کلات آهن و کلات آهن در سه مرحله ۸-۶ برگی ذرت، قبل از گلدهی و موقع پر شدن دانه ذرت صورت گرفت. همچنین محلول‌پاشی با غلظت دو در هزار در هنگام صبح و قبل از طلوع آفتاب برای جلوگیری از تبخیر و به دور از وزش باد و خاک مصرف به میزان ۱۶۰۰ گرم در هکتار قبل از آبیاری صورت گرفت.

شکل ۳-۶- اعمال تیمار محلول پاشی آهن

۳-۷- نمونه برداری

۳-۷-۱- نمونه‌برداری در طول فصل رشد

اولین نمونه برداری بوته‌ها حدود ۱۰ روز پس از دومین محلول‌پاشی و اعمال تیمارها در تاریخ ۹۴/۷/۴ صورت گرفت. در زمان نمونه‌برداری از ابتدا و انتهای هر کرت ۰/۵ متر به عنوان حاشیه حذف گردید. نمونه برداری جهت اندازه گیری صفات فیزولوژیک از برگ‌های کامل و بالایی برداشته و داخل نایلون شماره دار قرار داده و به وسیله کلمن حاوی یخ، به آزمایشگاه منتقل و جهت انجام آزمایش-های مربوطه در فریزر نگه‌داری شدند. و یکسری نمونه‌های در داخل پاکت‌های کاغذی شماره دار قرار گرفتند و سپس به آزمایشگاه منتقل شده و در داخل دستگاه آون، در حرارت ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت نگهداری شده تا کاملاً خشک شوند.

۳-۷-۲- نمونه برداری عملکرد

در انتهای دوره رشد به منظور اندازه‌گیری صفات زراعی و مورفولوژیک در هر کرت، دو ردیف کناری به عنوان حاشیه در نظر گرفته شدند و از هر واحد آزمایشی ۷ بوته در ۱ متر مربع برداشت گردید و به آزمایشگاه انتقال داده شد. نمونه‌های منتقل شده به آزمایشگاه به سه بخش برگ، ساقه و بلال تفکیک شدند. به طور مجزا در پاکت قرار داده شدند و پس از اندازه‌گیری وزن‌تر آن‌ها بوسیله ترازو، در داخل دستگاه آون، در حرارت ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت نگهداری شده تا کاملاً خشک شوند. پس از خروج از آون، جهت به دست آوردن وزن خشک و پس از گذشت مدت زمان ۲۰ دقیقه‌ای جهت رسیدن به تعادل دمایی با محیط، با ترازوی حساس با دقت ۰/۰۱ گرم توزین شدند. در آزمایشگاه ارتفاع گیاه، تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، وزن خشک ساقه و وزن کل دانه اندازه‌گیری شد. به منظور تعیین مقدار جذب عناصر کم مصرف و پر مصرف توسط بذور و برگ بخشی از بذور و برگ خشک شده از هر کرت آسیاب شدند. به این منظور عناصر نیترژن دانه، فسفر و پتاسیم دانه و برگ و همچنین مقدار آهن در دانه و برگ با استفاده از روش های ذکر شده در این بخش اندازه گیری شدند.

شکل۳-۷- نمایی از برداشت گیاه ذرت و اندازه گیری برخی از صفات مورفولوژیک

۳-۸- صفات زراعی و مورفولوژیک

۳-۸-۱- ارتفاع گیاه

میانگین ارتفاع ۷ بوته از هر کرت به عنوان ارتفاع بوته‌های آن ترکیب تیماری بر حسب متر اندازه گیری شد. ارتفاع بوته از سطح خاک تا زیر اولین شاخه فرعی تاسل اندازه گیری شد و یادداشت گردید.

۳-۸-۲- وزن خشک برگ و ساقه :

هنگامی که ۷ عدد بوته از هر کرت برداشت شد پس از وزن کلی آن‌ها برگ‌ها و ساقه‌ها از هم جدا شد و به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتیگراد در آون خشک گردید، سپس وزن شد و وزن خشک برگ و ساقه در متر مربع در ترکیب تیماری معلوم گردید.

۳-۸-۳- عملکرد و اجزای عملکرد

از هر کرت آزمایشی تعداد ۷ بوته با در نظر گرفتن حاشیه و به منظور تعیین عملکرد نهایی برداشت گردید. مساحت ۷ بوته موجود محاسبه و عملکرد نهایی بر حسب متر مربع و در نهایت بر حسب تن در هکتار برآورد گردید. از آنجایی که اجزای عملکرد در یک گیاه زراعی از مؤلفه‌های میزان تولید نهایی گیاه می‌باشند و در هر گیاه زراعی دارای اجزای خاص خود است. اجزای عملکرد در گیاه ذرت شامل تعداد دانه در ردیف، تعداد ردیف در بلال، تعداد بلال در متر مربع، ارتفاع بوته، وزن بلال در هر کرت و وزن هزار دانه می‌باشند، که در ۷ بوته برداشت شده اندازه‌گیری شدند.

۳-۸-۳-۱- تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف

در هرکرت ۷ بوته برداشت شد و در هر بلال، تعداد دانه در ردیف و تعداد ردیف در بلال مورد شمارش قرار گرفت و میانگین گیری شدند.

۳-۹- صفات فیزیولوژیک

۳-۹-۱- اندازه‌گیری میزان کلروفیل a، کلروفیلb و کارتنوئید

جهت ارزیابی غلظت کلروفیل برگ در تاریخ ۹۴/۷/۸ از روش بدون لهیدگی استفاده شد. بدین ترتیب ۰/۰۱ گرم از بافت تازه برگ توزین و به قطعات کوچکی خرد شد. به نمونه‌ها ۶ میلی‌لیتر دی-متیل سولفو اکسید اضافه شد و محلول حاصل به مدت ۴ ساعت درون حمام آب گرم با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. نمونه‌ها از حمام آب گرم خارج شدند و پس از سرد شدن با قرار گرفتن در اسپکتروفتومتر مدل Jenway 6305 ساخت کشور آلمان، میزان جذب نمونه‌های حاوی کلروفیل در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر خوانده شد و با استفاده از روابط زیر میزان کلروفیل کل و کاروتنوئید اندازه‌گیری شد (هیسوکس و ایسریلستام، ۱۹۷۹).

رابطه (۳-۱) $\text{Chl a}(\mu g/ml) = (12.25\ A\ 663) - (2.55\ A\ 645)$

رابطه (۳-۲) $\text{Chl}_{b(\mu g/ml)} = (20.31\ A\ 645) - (4.91\ A\ 663)$

رابطه (۳-۳) $\text{Chl T} = \text{Chl a} + \text{Chl b}$

رابطه (۳-۴) $\text{Car}\ (\mu g/ml) = (1000\ A\ 470 - 1.90\ \text{Chla} - 63.14\ (\text{Chlb})/214$

پس از جایگزین کردن داده‌ها در فرمول‌های مذکور اعداد به‌دست آمده در $v/w \times 1000$ ضرب گردید تا اعداد بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر به‌دست آیند. V حجم محلول کلروفیلی بر حسب میلی-لیتر و W وزن نمونه تر بر حسب گرم می‌باشد.

۳-۹-۲- اندازه گیری نیتروژن و پروتئین دانه

برای اندازه گیری میزان پروتئین دانه ابتدا میزان نیتروژن موجود در دانه اندازه گیری شد و با استفاده از فرمول زیر پروتئین دانه اندازه گیری شد. مقدار نیتروژن موجود در نمونه‌های مورد آزمایش با استفاده از دستگاه کجلدال[1] نیمه اتوماتیک مدل Vapodest 45S ساخت شرکت Gerhand کشور آلمان انجام شد. در این مدل تنها آخرین مرحله، یعنی تیتراسیون به صورت دستی انجام می‌گیرد و تنها قابلیت تعیین میزان نیتروژن را دارد.

این دستگاه از دو بخش هضم و تقطیر تشکیل شده است. بخش هضم در این مدل شامل ۱۲ لوله است که آنالیز همزمان ۱۲ نمونه را ممکن می‌سازد. برای انجام هضم نمونه‌ها، ۰/۵ گرم از نمونه خشک و پودر شده را با ۷ میلی لیتر اسید سولفوریک غلیظ (۹۶ درصد) و ۱/۱ گرم قرص کاتالیزور یا (مخلوطی از ۱۰ گرم سولفات پتاسیم و ۱۰ گرم سولفات مس ۵ آبه و ۲ گرم سلنیم) مخلوط و در لوله‌ها ریخته و آنها را در جایگاهشان در دستگاه هضم قرار می‌دهیم. درجه دستگاه را ابتدا روی ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم می‌کنیم و سپس دما را به ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌دهیم و در نهایت دما را به ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد رسانده و آنقدر حرارت را ادامه می‌دهیم تا نمونه‌ها به رنگ سبز شفاف در آیند و عمل هضم نمونه‌ها کامل شود. این عمل تقریبا حدود ۳ ساعت به طول می-انجامد. لازم به ذکر است که در سری اول که نمونه‌ها را در دستگاه هضم قرار می‌دهیم احتیاج به نمونه شاهد نیز داریم که نمونه شاهد حاوی مخلوط بالا به جز نمونه خاک یا گیاه است. در مرحله بعد نمونه‌ها را برای انجام عمل تقطیر، کاملا سرد کردیم. بخش تقطیر، دارای دستگاهی با دو جایگاه می‌باشد که در یکی، لوله مربوط به بخش هضم و در دیگری ارلنی حاوی ترکیبی از ۵۰ میلی‌لیتر اسید بوریک ۲ درصد که برای هر نمونه ۲۴ سی سی مورد استفاده قرار می‌گیرد، با شروع کار دستگاه تقطیر، در درون لوله حاوی نمونه هضم شده با اضافه شدن اسید، رنگ سبز لجنی ظاهر شده که این صحت انجام آزمایش را می‌رساند و بعد از اتمام کار دستگاه (حدود ۴ دقیقه)، رنگ محلول

1- Kejeldahl

داخل ارلن سبز می‌شود که هر چه این رنگ تیره‌تر باشد نشان دهنده غلظت نیتروژن بیشتر در نمونه خاک یا گیاه است. و برای عمل تیتراسیون، چند قطره معرف متیل رد (حاوی۶۶ میلی‌گرم متیل رد و ۹۹ میلی گرم بروموکروزول گرین در ۱۰۰ سی سی اتانول، با رنگ قرمز) و اسید سولفوریک ۰/۱ نرمال به صورت دستی انجام گرفت، که اضافه کردن اسید سولفوریک را تا زمانی که رنگ نمونه آلبالویی یا صورتی شود، ادامه دادیم ، حجم اسید مصرفی را یادداشت نموده و از فرمول زیر مقدار کل نیتروژن موجود در نمونه محاسبه گردید. سپس از طریق ضریب تبدیل پروتئینی در گیاه ذرت که ۶/۲۵ می‌باشد، درصد پروتئین به دست آمد.

رابطه (۳-۱)

$$\%N= 0.56 \times t \times (a-b) \times V/W \times 100/DM$$

دررابطه فوق :

N = غلظت نیتروژن برحسب درصد

T = غلظت اسید،

a = میزان اسید مصرفی جهت نمونه بر حسب ml،

b = میزان اسید مصرفی جهت شاهد بر حسب ml،

V = حجم عصاره حاصل از عمل هضم بر حسب ml،

W = وزن نمونه گیاه جهت هضم بر حسب گرم،

DM = درصد ماده خشک گیاه

رابطه (۳-۲) درصد نیتروژن = درصد پروتئین دانه * ۶/۲۵

۳-۹-۳- استخراج عصاره آنزیمی و روش اندازه‌گیری آنزیم‌ها

مواد و محلول ها :

بافر ice-cold extraction : این محلول شامل محلول بافر پتاسیم فسفات ۱۰۰ میلی‌مولار (pH ۷ =) و محلول ۰/۱ میلی‌مولار EDTA در حجم ۴ میلی‌لیتر می‌باشد. محلول پتاسیم فسفات از دو نمک KH_2PO_4 و K_2HPO_4 تهیه شد. ابتدا محلول ۱ مولار از هرکدام از این نمک‌ها تهیه و سپس ۲۵ میلی لیتر از هریک برداشته، مخلوط و به حجم ۱۰۰ سی‌سی رسانده شد و pH آن در حد ۶ و۷ تنظیم گردید. تنظیم pH با استفاده از NaOH و HCL و نیز دستگاه pH متر صورت گرفت.

طرز تهیه عصاره آنزیمی:

۰/۲ گرم بافت تر برگ را داخل یخ قرار داده و بوسیله ۴ میلی لیتر بافر ice-cold extraction در هاون سرد کاملا ساییده شد و به صورت همگن درآمد. مخلوط همگن به مدت ۱۵ دقیقه در ۱۶۰۰ دور سانتریفیوژ گردید. پس از سانتریفیوژ، فاز بالایی به عنوان عصاره پروتئینی برای سنجش فعالیت آنزیمی در دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد مورد استفاده قرار گرفت (آزودونتو و همکاران، ۲۰۰۶).

۳-۹-۳-۱- اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز (CAT)

مواد و محلول‌ها :

بافر فسفات سدیم ۱۰۰ میلی‌مولار (pH = ۷): این بافر از دو نمک NaH_2PO_4 و Na_2HPO_4 تهیه شد. ابتدا محلول ۱ مولار هرکدام از این نمک‌ها در حجم ۱۰۰ میلی لیتر تهیه شد و سپس ۲۵میلی لیتر از هر کدام برداشته، مخلوط کرده و به حجم ۱۰۰ میلی لیتر رسانده شد.

EDTA (۰/۱ میکرومولار): محلول ۰/۰۰۱ مولار این ماده در حجم ۱۰۰ میلی لیتر تهیه شد.

H_2O_2 (۲۰ میلی مولار): محلول ۰/۱ مولار آن در حجم ۱۰۰ میلی لیتر تهیه شد.

روش کار: جهت تعیین فعالیت آنزیم کاتالاز، ۵۰ میکرولیتر (۰/۰۵ میلی لیتر) عصاره آنزیمی، ۶۰۰ میکرولیتر بافر فسفات سدیم (pH =۷)، ۰/۱۵ میکرولیتر EDTA ، ۵۴۹/۸۵ میکرولیتر آب را در تیوپ ریخته و سپس ۳۰۰ میکرولیتر آب اکسیژنه به آن اضافه شد. بلافاصله پس از افزودن آب اکسیژنه، جذب نور توسط دستگاه اسپکتوفتومتر با طول موج ۲۴۰ نانومتر قرائت گردید و پس از سپری شدن مدت زمان ۱ دقیقه بار دیگر میزان جذب خوانده شد. تغییر جذب به دست آمده در زمان ۱ دقیقه، به ضریب خاموشی مولی این واکنش که برابر $۳۶\ mM^{-1}.cm^{-1}$ است تقسیم شد و سپس میزان فعالیت آنزیم بر حسب میکرومول H_2O_2 در دقیقه بر میلی‌گرم پروتئین بیان شد (پریرا و همکاران، ۲۰۰۲).

۳-۹-۳-۲- اندازه‌گیری فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز (GPX)

مواد و محلول‌ها :

بافر فسفات (pH = ۷) ۱۰۰ میلی‌مولار و محلول EDTA ۰/۰۰۱ مولار در حجم ۱۰۰ میلی لیتر ساخته شد. محلول ۰/۲ مولار گایاکول در حجم ۱۰۰ سی‌سی با استفاده از گایاکول ۵ میلی‌مولار ساخته شد. همچنین محلول ۰/۱ مولار H_2O_2 با استفاده از ۰/۱ میلی‌مولار H_2O_2 به حجم ۱۰۰ سی‌سی ساخته شد.

روش کار: ابتدا ۵۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی، ۸۰۰ میکرولیتر بافر فسفات سدیم (pH =۷)، ۰/۲ میکرولیتر EDTA، ۵۰ میکرولیتر گایاکول، ۷۹۹/۸ میکرولیتر آب در تیوپ ریخته و سپس ۳۰۰ میکرولیتر آب‌اکسیژنه به آن اضافه شد. در مرحله بعدی، جذب محلول ساخته شده بلافاصله در دستگاه اسپکتوفتومتر با طول موج ۴۷۰ نانومتر قرائت گردید و پس از گذشت مدت زمان ۱ دقیقه، جذب نور دوباره قرائت شد. تغییرات جذب به دست آمده در زمان ۱ دقیقه، به ضریب خاموشی مولی

این واکنش که برابر $mM^{-1}.cm^{-1}$ ۲۶/۶ است تقسیم شد و فعالیت آنزیمی بر حسب میکرومول H_2O_2 در دقیقه بر میلی‌گرم پروتئین بیان شد (فیلدینگ و هال، ۱۹۷۸).

۳-۹-۳-۳- اندازه‌گیری فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز (APX)

مواد و محلول:

بافر فسفات سدیم ۱۰۰ میلی‌مولار (pH = ۷): این بافر از دو نمک NaH_2PO_4 و Na_2HPO_4 تهیه شد. ابتدا محلول ۱ مولار هرکدام از این نمک‌ها در حجم ۱۰۰ میلی لیتر تهیه شد و سپس ۲۵میلی لیتر از هر کدام برداشته، مخلوط کرده و به حجم ۱۰۰ میلی لیتر رسانده شد.

روش کار:

ابتدا ۵۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی، ۶۰۰ میکرولیتر بافر فسفات سدیم (pH =۶)، ۳۷/۵ میکرولیتر آسکوبات، ۱۱۱۸/۸۵ میکرولیتر آب را در تیوپ ریخته و سپس ۱/۵ میکرولیتر H_2O_2 به آن اضافه شد و بلافاصله در دستگاه اسپکتروفتومتر با طول موج ۲۹۰nm میزان جذب آن قرائت گردید و پس از سپری شدن مدت زمان یک دقیقه دوباره میزان جذب قرائت گردید (ناکانو و آسادا، ۱۹۸۱).

۳-۱۰- اندازه‌گیری برخی عناصر غذایی در اندام هوایی گیاه

۳-۱۰-۱- اندازه گیری عنصرآهن در دانه و برگ

به منظور اندازه‌گیری میزان آهن دانه و برگ، نمونه‌های خشک شده گیاهی بوسیله آون، با استفاده از آسیاب پودر گردید. سپس به مقدار ۱ گرم از نمونه (دانه یا برگ) پودر شده را در داخل بوته چینی ریخته و در داخل کوره در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ ساعت قرار داده شد. پس از آن به هرکدام از نمونه‌ها ۱۰ میلی لیتر اسید کلریک ۲ نرمال اضافه گردید و پس از قرار گرفتن در حمام

بن‌ماری به مدت ۲۰ دقیقه و صاف شدن توسط کاغذ صافی، به حجم ۱۰۰ میلی لیتر رسانده شدند. اکنون پس از تهیه عصاره مورد نظر با استفاده از دستگاه اتمیک ابزوربشن (جذب اتمیک) مارک (varian) و مدل (spectra 220) قرائت شده و با استفاده از منحنی استاندارد غلظت آهن دانه و برگ ذرت محاسبه گردید.

۳-۱۰-۲- اندازه‌گیری فسفر در برگ و دانه

به منظور اندازه‌گیری میزان فسفر اندام هوایی(دانه و برگ) گیاه خشک شده بوسیله آون، آسیاب و با روش خاکسترگیری خشک (مشابه روش اندازه‌گیری سدیم و پتاسیم) استخراج شد. سپس خاکستر حاصل در ۵ میلی لیتر اسیدکلریدریک ۲ نرمال حل شده و پس از عبور از کاغذ صافی مناسب (واتمن۴۲) با آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی لیتر رسانده شد. غلظت فسفر در عصاره حاصل به روش آمونیوم مولیبدات وانادات تعیین شد. بدین منظور، ۵ سی‌سی از عصاره بدست آمده را با ۵ میلی لیتر از محلول آمونیوم هپتا مولیبدات وانادات ترکیب کردیم و به حجم ۲۵ میلی لیتر رساندیم. سپس نمونه‌ها با دستگاه اسپکتوفتومتر در طول موج ۴۷۰ نانومتر قرائت شد و عدد قرائت شده با استفاده از منحنی استاندارد فسفر به میلی‌گرم برکیلوگرم تبدیل و در نهایت مقدار فسفر برگ و دانه محاسبه شد (چاپمن و پرات، ۱۹۶۱).

۳-۱۰-۳- اندازه‌گیری پتاسیم دانه و برگ

به منظور اندازه‌گیری میزان سدیم و پتاسیم به روش چاپمن و پرات (۱۹۶۱)، نمونه‌های خشک شده گیاهی بوسیله آون، با استفاده از آسیاب پودر گردید. سپس به مقدار ۱ گرم از بافت خشک را در داخل بوته چینی ریخته و در داخل کوره در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ ساعت قرار داده شد. پس از آن به هرکدام از نمونه‌ها ۱۰ میلی لیتر اسید کلریدریک ۲ نرمال اضافه گردید و پس از

قرار گرفتن در حمام بن‌ماری به مدت ۲۰ دقیقه و صاف شدن توسط کاغذ صافی، به حجم ۱۰۰ میلی لیتر رسانده شدند. سپس نمونه‌ها با دستگاه فلیم فتومتر (نورسنج شعله) قرائت شده و با استفاده از منحنی استاندارد به غلظت تبدیل شدند.

۳-۱۱- محاسبات و تجزیه و تحلیل آماری

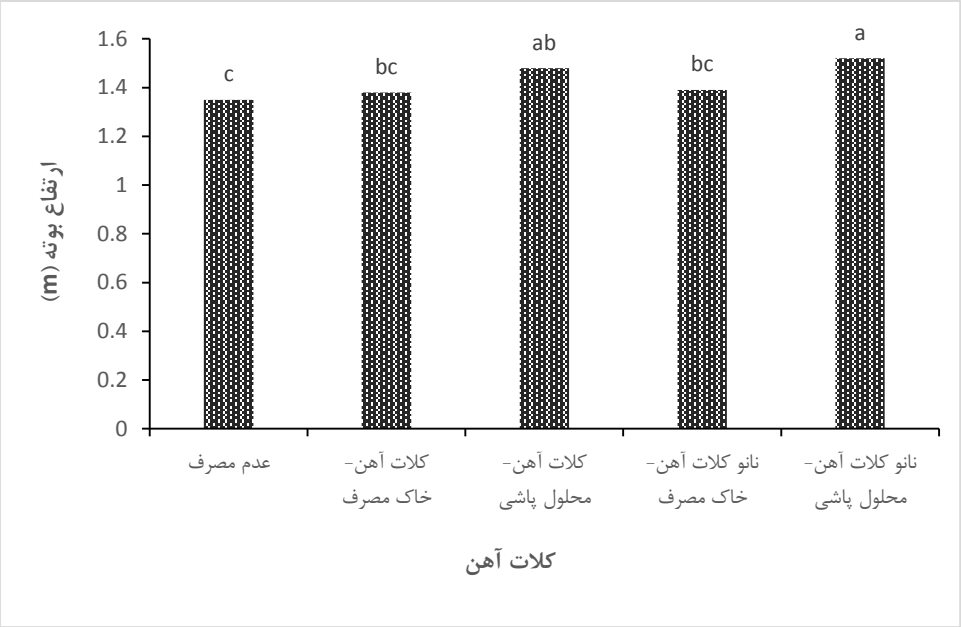
در پایان پس از اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، نتایج با استفاده از نرم افزارهای SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح ۵ درصد انجام شد. برای رسم نمودارها و جداول ازبرنامه EXCEL استفاده گردید.

فصل چهارم

نتیجه و بحث

۴-۱- ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول۴-۱) نشان داد تیمار کلات آهن تاثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر ارتفاع بوته داشت. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد، بیشترین ارتفاع بوته در تیمار محلول‌پاشی نانو کلات آهن با ۱/۵۲ متر بدست آمد. کم‌ترین ارتفاع مربوط به تیمار شاهد با ۱/۳۵ متر بود (جدول۴-۲). اثر اصلی کودهای زیستی باعث افزایش ارتفاع نسبت به تیمار شاهد شد، اگر چه این افزایش از لحاظ آماری معنی دار نبود. در این آزمایش تیمارهای محلول‌پاشی نسبت به تیمار های خاک مصرف تاثیر بیشتری بر ارتفاع بوته داشتند (شکل۴-۱)، به طوری‌که تیمارهای محلول‌پاشی نانو کلات آهن و کلات آهن معمولی به ترتیب ۱۲/۵۹ ، ۹/۶۲ درصد باعث افزایش ارتفاع بوته نسبت به شاهد شدند. تیمارهای کاربرد خاکی نانوکلات آهن و کلات آهن معمولی در یک گروه آماری قرار گرفتند اما نسبت به شاهد تاثیر معنی‌داری داشتند. آهن به عنوان کوفاکتور، ۱۴۰ آنزیم را کاتالیز می‌کند (بریتنهام و همکاران، ۱۹۹۴)، بر این اساس، آهن نقش مهمی در رشد و توسعه گیاهان ایفا می‌کند (میلر و همکاران، ۱۹۹۵). آزمایش‌های مختلف نشان داده، مصرف عناصر ریز مغذی در زراعت آفتابگردان بر ارتفاع ساقه، قطر طبق، درصد روغن، تعداد برگ و در نهایت عملکرد دانه تاثیر قابل توجهی دارد (سپهر و همکاران، ۲۰۰۴). زاید و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند، محلول پاشی عناصر ریز مغذی به ویژه آهن سبب افزایش ارتفاع، وزن خشک اندام هوایی و محتوای کلروفیل در برنج شد. خلیلی محله و رشیدی (۱۳۸۷) بیان کردند، نوع کود مصرفی تأثیر معنی‌داری در سطح ۱درصد بر ارتفاع ذرت داشت به طوری که بیش‌ترین ارتفاع ساقه با میانگین ۲۳۹ سانتی‌متر در تیمار (آهن+ روی+منگنز) دیده شد و نسبت به تیمارهای کودی دیگر برتری داشت. معنی‌داری نانو آهن بیانگر اثر مثبت این عنصر بوده است. به عنوان مثال در مطالعات مظاهری نیا و همکاران (۱۳۸۹)، بیش‌ترین ارتفاع گیاه گندم رقم آتیلا با میانگین ۶۳/۴ سانتی متر مربوط به تیمار نانو آهن ۱ درصد بود.



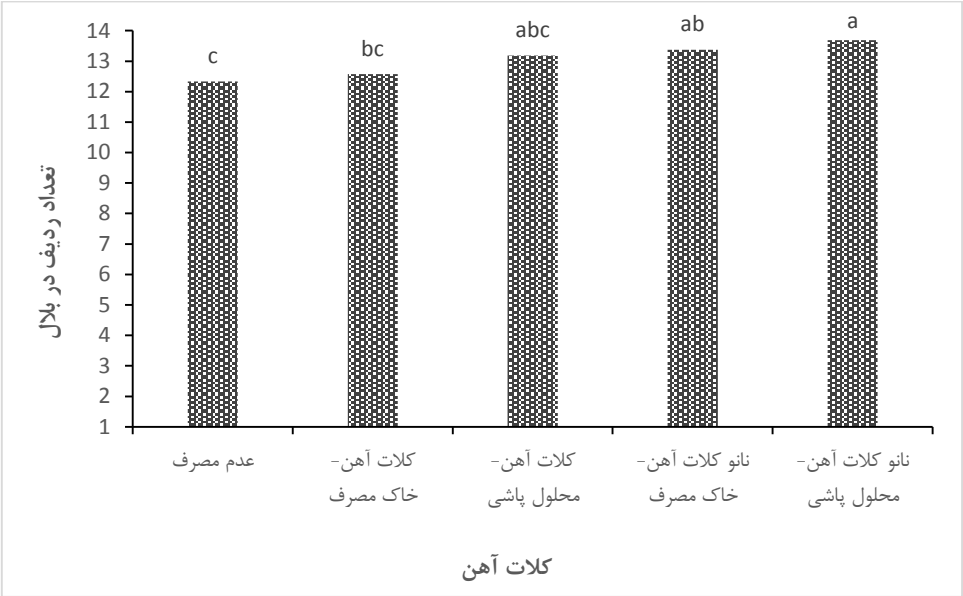
شکل ۴-۱- تاثیرکلات آهن بر ارتفاع بوته ذرت

۴-۲- اجزای عملکرد دانه

۴-۲-۱-تعداد ردیف در بلال

تعداد ردیف در بلال به عنوان یکی از صفات اجزای عملکرد ذرت محسوب می‌شود، معمولا تعداد ردیف‌ها زوج می‌باشند (برگلند و همکاران،۱۹۹۹). بطور کلی تعداد ردیف در بلال ذرت بیشتر تحت عوامل ژنتیکی کنترل می شود و از عوامل محیطی و مدیریتی کمتر تاثیر پذیر است. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول۴-۱) نشان داد که تیمار کلات آهن تاثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر تعداد ردیف در بلال داشت. مقایسات میانگین داده‌ها (جدول ۴-۲)، نشان داد بیشترین تعداد ردیف در بلال از تیمار کودی نانو کلات آهن به صورت محلول‌پاشی به میزان ۱۳/۶۹ ردیف به دست آمد که ۱۱/۰۳ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داشت. کمترین تعداد ردیف در بلال به میزان ۱۲/۳۳ از تیمار عدم مصرف کلات آهن به دست آمد. به طور کلی تیمارهای محلول‌پاشی نانو کلات آهن و نانو کلات آهن به صورت خاک مصرف، تاثیر بهتری نسبت به دیگر تیمارها بر تعداد ردیف در بلال داشتند و به ترتیب ۱۱/۰۳ و ۸/۴۳ درصد باعث افزایش تعداد ردیف در بلال نسبت به

تیمار عدم مصرف کود شدند. تیمارهای محلول‌پاشی کلات آهن و کلات آهن به صورت خاک مصرف تاثیر کمتری نسبت به تیمارهای نانو کلات آهن (محلول‌پاشی و خاک مصرف) بر تعداد ردیف در بلال داشتند اما نسبت به تیمار عدم مصرف کود (شاهد) معنی دار بودند. نتایج محمد خانی و روز-بهانی(۱۳۹۴) نشان داد که با مصرف نانو کود کلات آهن به صورت بذرمال و محلول پاشی تعداد ردیف در بلال به میزان ۱۵/۶۷ بیشترین ردیف و کمترین میزان آن مربوط به شاهد به میزان ۱۳/۸۳ ردیف بود. نتایج رحیمی و مظاهری (۱۳۸۷) نشان داد که واکنش مورفولوژیکی و عملکرد ذرت نسبت به ترکیبات آهن در خصوص تعداد ردیف در بلال مناسب بوده است و این صفت را افزایش داده است.

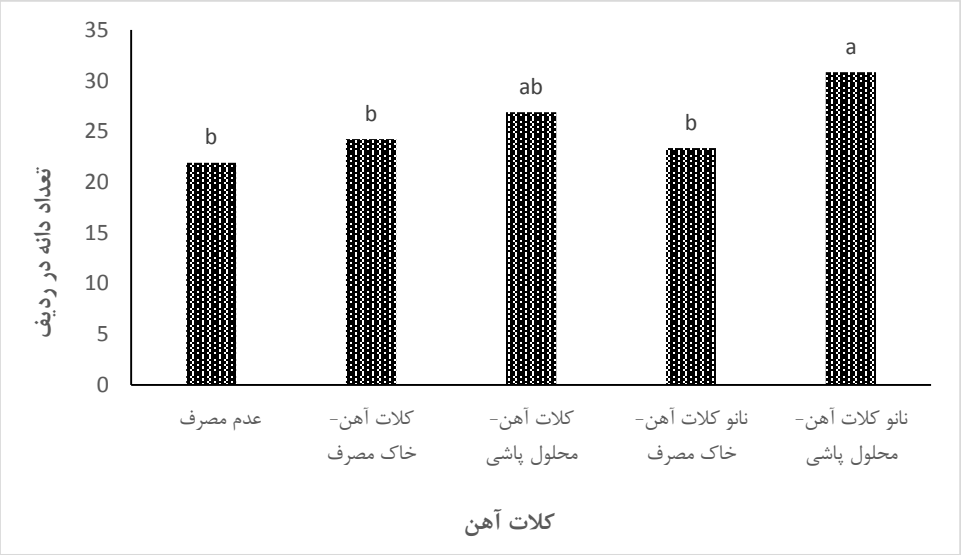


شکل ۴-۲- تاثیر کلات آهن بر تعداد ردیف در بلال

مطابق جدول تجزیه واریانس(جدول۴-۱) اثرات اصلی کود زیستی باکتریایی و همچنین اثر متقابل کلات آهن و کود زیستی نیز تاثیر معنی‌داری بر صفت تعداد ردیف در بلال نداشت. اثرات اصلی کود زیستی باکتریایی باعث افزایش تعداد ردیف در بلال شدند، اما از لحاظ آماری اخلاف معنی‌داری با تیمار عدم تلقیح نداشتند (جدول۴-۲).

۴-۲-۲- تعداد دانه در ردیف

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول۴-۱) نشان داد، اثر تیمار کلات آهن بر تعداد دانه در ردیف در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین داده‌ها (جدول۴-۲) نشان داد بیشترین تعداد دانه در ردیف از تیمار کودی نانو کلات آهن به صورت محلول‌پاشی و به میزان ۳۰/۸۳ دانه در ردیف به دست آمد که ۴۰/۷۷ درصد نسبت به تیمار عدم مصرف کود، از خود افزایش نشان داد. تیمار محلول‌پاشی کلات آهن معمولی بعد از محلول‌پاشی نانو کلات آهن با ۲۶/۹۱ دانه در ردیف در رده دوم قرار گرفت (شکل۴-۳) و نسبت به تیمار شاهد ۲۲/۸۷ درصد افزایش از خود نشان داد. تیمارهای خاک مصرف نانو کلات آهن و کلات آهن معمولی تاثیر معنی داری نسبت به عدم مصرف کود بر تعداد دانه در ردیف نداشتند و در یک گروه آماری قرار گرفتند. رحیمی و مظاهری (۱۳۸۷) گزارش کردند فراهم آوری و رفع کمبود عنصر آهن در گیاه موجب افزایش تعداد دانه در ردیف ذرت می‌شود. نتایج محمد خانی و روزبهانی(۱۳۹۴) نشان داد که بیشترین تعداد دانه در ردیف به میزان ۳۹/۵۰ دانه با مصرف نانو کود آهن به صورت بذرمال و محلول پاشی و کمترین آن به میزان ۳۰/۵۰ دانه در ردیف مربوط به شاهد بود.



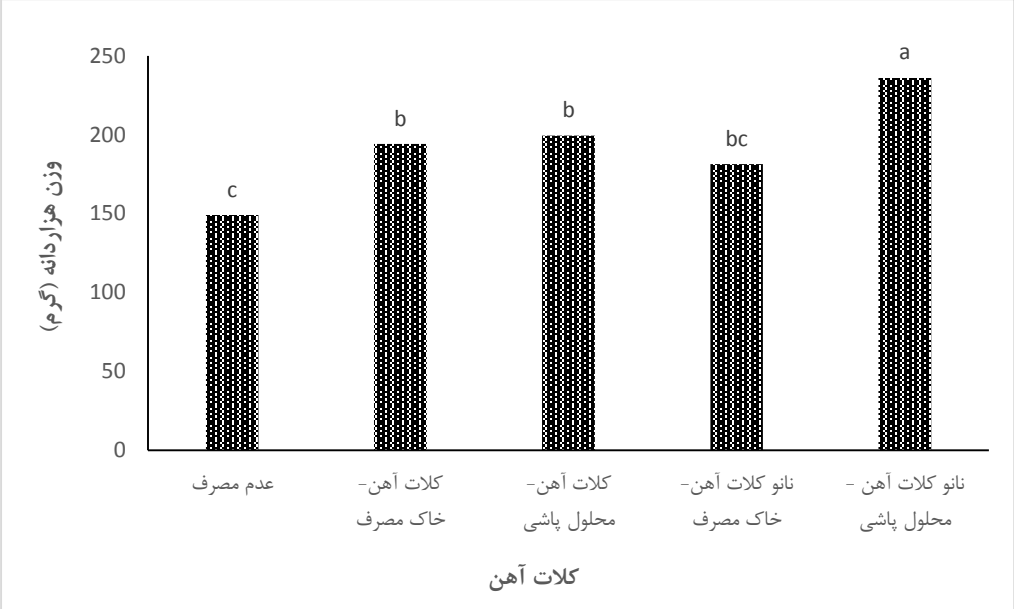
شکل ۴-۳- تاثیر کلات آهن بر تعداد دانه در ردیف

مطابق جدول تجزیه واریانس(جدول۴-۱) اثرات اصلی کود زیستی باکتریایی و همچنین اثر متقابل کود زیستی × کلات آهن نیز تاثیر معنی‌داری بر صفت تعداد دانه در ردیف نداشت. (جدول۴-۲).

۴-۲-۳- وزن هزار دانه

وزن هزار دانه به عنوان یکی از شاخص‌های مهم زراعی بذور گیاهان زراعی می‌باشد. این شاخص بیان کننده میزان تخصیص مواد غذایی به ازای هر واحد بذر می‌باشد. البته عوامل ژنتیکی و محیطی در وزن دانه مشارکت دارند و سهم هر کدام بر حسب شرایط تغییر می‌کند. در شرایط ایده‌آل محیطی، عوامل ژنتیکی نقش مهمتری ایفا می‌کنند، اما در شرایط محیطی نامتناسب عوامل ژنتیکی نقش کمتری دارند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول۴-۱) نشان داد، تیمار کلات آهن تاثیر معنی‌داری در سطح ۱درصد بر وزن هزار دانه داشت. مقایسه میانگین داده‌ها (جدول۴-۲) نشان داد استفاده از کلات آهن سبب افزایش وزن هزار دانه شد. در این بین بیشترین وزن هزار دانه (۲۳۵/۹۸ گرم در متر مربع) از تیمار محلول پاشی نانوکلات آهن بدست آمد (شکل۴-۴) که ۵۸/۳۰ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داشت. تیمارهای محلول‌پاشی کلات آهن و کلات آهن به صورت خاک مصرف در یک گروه آماری قرار گرفتند و نسبت به تیمار عدم مصرف کود (شاهد) به ترتیب ۳۳/۸۰ و ۳۰/۲۲ درصد باعث افزایش وزن هزار دانه شدند و کمترین وزن هزار دانه با مقدار ۱۴۹/۰۷ گرم مربوط به تیمار عدم مصرف کود بود. رحیمی و مظاهری (۱۳۸۷) و خلیلی محله و رشیدی (۱۳۸۶) گزارش کردند محلول‌پاشی عنصر آهن موجب افزایش وزن هزار دانه در ذرت شد. مطالعات دیگر نشان داد، محتوای کل کربوهیدرات، نشاسته، ایندول استیک اسید، کلروفیل و پروتئین دانه به طور معنی‌داری با مصرف آهن افزایش یافت که این عوامل در افزایش وزن دانه بلال موثرند (رجایی و ضیائیان، ۲۰۰۹). صفیان و همکاران (۱۳۹۰) در بررسی تغذیه برگی عناصر میکرو بر رشد و عملکرد

ذرت دانه‌ای رقم سینگل کراس ۳۰۲ در منطقه اصفهان اعلام کردند بیشترین میزان وزن دانه مربوط به محلول‌پاشی با تیمار آهن به همراه روی بود.



شکل ۴-۴ - تاثیر کلات آهن بر وزن هزار دانه

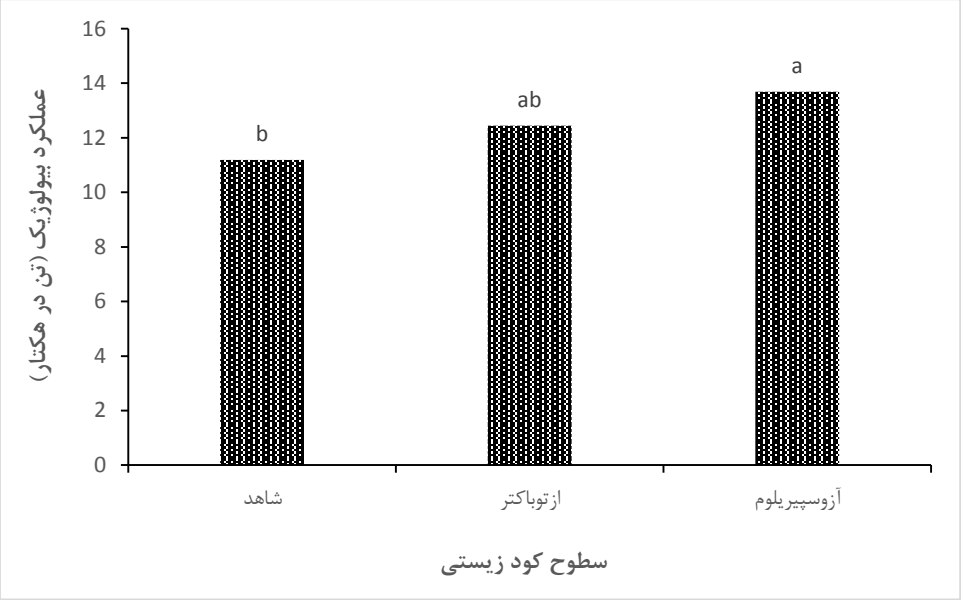
مطابق جدول تجزیه واریانس(جدول۴-۱) اثرات اصلی کود زیستی باکتریایی و همچنین اثر متقابل کلات آهن × کود زیستی نیز تاثیر معنی‌داری بر صفت وزن هزار دانه نداشت. اثرات اصلی کود زیستی باکتریایی باعث افزایش وزن هزار دانه شدند، اما از لحاظ آماری اخلاف معنی‌داری با تیمار عدم تلقیح نداشتند (جدول۴-۲).

۴-۳- عملکرد بیولوژیک

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول۴-۱) نشان داد تیمار کود زیستی تاثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر عملکرد بیولوژیک داشت. مقایسه میانگین داده‌ها (جدول۴-۲) نشان داد بیشترین عملکرد بیولوژیک از تیمار تلقیح با باکتری آزوسپیریلوم برازیلنس به میزان ۱۳/۶۹ تن در

هکتار و کمترین آن از تیمار عدم تلقیح به میزان ۱۱/۱۹ تن در هکتار بدست آمد که نسبت به تیمار شاهد ۲۳/۳۴ درصد افزایش یافت. ازتوباکتر با عملکرد بیولوژیک ۱۲/۴۴ تن در هکتار، باعث افزایش ۱۱/۱۷ درصدی نسبت به تیمار عدم تلقیح باکتری شد. فلاحی و همکاران(۱۳۸۸) در آزمایشی گزارش کردند عملکرد بیولوژیک گیاه دارویی بابونه آلمانی تحت تاثیر کودهای زیستی به دلیل افزایش در فتوسنتز و افزایش انتقال مواد فتوسنتزی، افزایش می‌یابد. میرزا و همکاران (۲۰۰۰) گزارش کردند کاربرد کودهای زیستی غیر از تثبیت نیتروژن، موجب تولید اکسین شده، این امر تار-های کشنده و بنابراین جذب مواد غذایی را افزایش می‌دهد و در نهایت تولید ماده خشک را در گیاه رو بهبود می‌بخشند. برخی بررسی‌ها نشان دادند که تلقیح بذور بعضی از غلات توسط آزوسپیریلوم موجب تغییرات معنی‌داری در شاخص‌های مختلف رشدی از قبیل افزایش در ماده خشک و اندازه برگ می‌شود (باشان و همکاران، ۲۰۰۴). کاپولینک و همکاران (۱۹۸۲) در بررسی‌های جداگانه افزایش وزن‌تر و خشک برگ‌های ذرت را در اثر تلقیح بذر با باکتری‌های افزاینده رشد را گزارش کردند. افزایش وزن خشک برگ به دنبال تلقیح بذر با باکتری آزوسپیریلوم توسط باسیلیو و همکاران(۲۰۰۴) در گندم نیز گزارش شده است. نتایج مشابهی نیز توسط غلامی و همکاران (۲۰۰۹) ارایه شده است. افزایش عملکرد بیولوژیک جو در نتیجه‌ی استفاده باکتری‌های محرک رشد توسط ذبیحی و همکاران (۱۳۸۸)؛ پاملا و همکاران (۱۹۸۲) نیز گزارش شده است. آن‌ها اثر باکتری محرک رشد در افزایش عملکرد ماده‌ی خشک را به جذب بهتر فسفر نسبت دادند. در مطالعه‌ی حاضر نیز به نظر می‌رسد باکتری‌های افزاینده رشد موجب افزایش قابلیت دسترسی و استفاده از عناصر غذایی در ذرت شده و این امر سبب افزایش عملکرد بیولوژیک شده است. نتایج مشابهی نیز توسط عرب و همکاران (۱۳۸۷)؛ مایاک و همکاران (۲۰۰۴) گزارش شده است. روهاتاشاو - سینگ و همکاران (۱۹۹۳)، افزایش وزن خشک ذرت در اثر تلقیح با باکتری ازتوباکتر را گزارش کردند. رای و گاور (۱۹۸۸)، اثر ازتوباکتر و آزوسپیریلوم را بر رشد و عملکرد گندم بررسی کردند، آنها گزارش کردند که

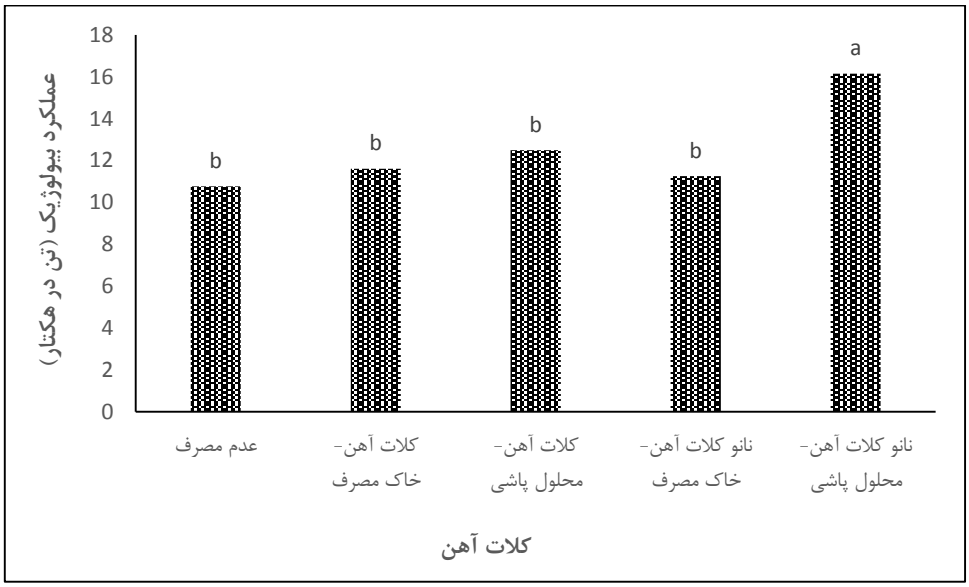
ازتوباکتر به تنهایی ۲/ ۸ ، آزوسپیریلوم ۹/۱ و مخلوط این دو ۱۳/۹ درصد، سبب افزایش عملکرد بیولوژیک نسبت به شاهد شد.



شکل ۴-۵- تاثیر کودهای زیستی بر عملکرد بیولوژیک

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول۴-۱) نشان داد نشان داد تیمار کلات آهن تاثیر معنی‌داری بر عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال۱ درصد داشت. مقایسه میانگین داده‌ها (جدول۴-۲) نشان داد بیشترین عملکرد بیولوژیک از تیمار محلول پاشی نانو کلات آهن به میزان ۱۶/۱۴ تن در هکتار و کمترین آن از تیمار عدم مصرف به میزان ۱۰/۷۶ تن در هکتار بدست آمد که نسبت به تیمار شاهد ۵۰ درصد افزایش یافت. در این بین بقیه سطوح تیماری در یک گروه آماری قرار گرفتند. تحقیقاتی که توسط جابرزاده و همکاران (۲۰۱۰)؛ فیزی و همکاران (۲۰۱۱) و معاونی و خیری (۲۰۱۰) انجام شد، نشان داد مصرف نانو ذرات (دی اکسید تیتانیوم و نانو اکسید سلیس) سبب افزایش عملکرد بیولوژیک گیاهان مختلف (ذرت و سویا) می‌شود. با توجه به نقش آهن در رشد و فرآیندهای فیزیولوژیکی ازجمله سنتز کلروفیل و فتوسنتز می‌توان انتظار داشت که کمبود این عنصر

تعادل و توازن عناصر غذایی در گیاه را به هم می‌زند، و در نهایت سبب کاهش عملکرد کمی و کیفی و در نهایت عملکرد محصول می‌گردد. در مطالعه‌ای بر روی گیاه لوبیا چیتی مشاهده شد که نانو کود کلاته آهن بر تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در بوته، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک اثر معنی-داری داشت (مجیدی دیزج و همکاران، ۱۳۹۰). افزایش عملکرد بیولوژیک با مصرف عناصر ریزمغذی علل مختلفی می‌تواند داشته باشد که از آن جمله می‌توان به افزایش فعالیت فتوسنتزی، افزایش تعداد دانه در بوته و در کل افزایش ماده خشک در بوته اشاره نمود (شرفی و همکاران، ۲۰۰۰). هر چند وجود برخی عناصر از جمله آهن برای رشد طبیعی گیاهان ضروری است، غلظت‌های زیاد این عناصر از طریق افزایش رادیکال‌های آزاد سمی و القا تنش اکسیداتیو می‌تواند عاملی بازدارندگی رشد و ایجاد علائم سمیت گردد، که این نتایج با تحقیقات (الوارضا و همکاران، ۲۰۰۲) ؛ (سو و همکاران، ۲۰۰۲) همخوانی دارد.



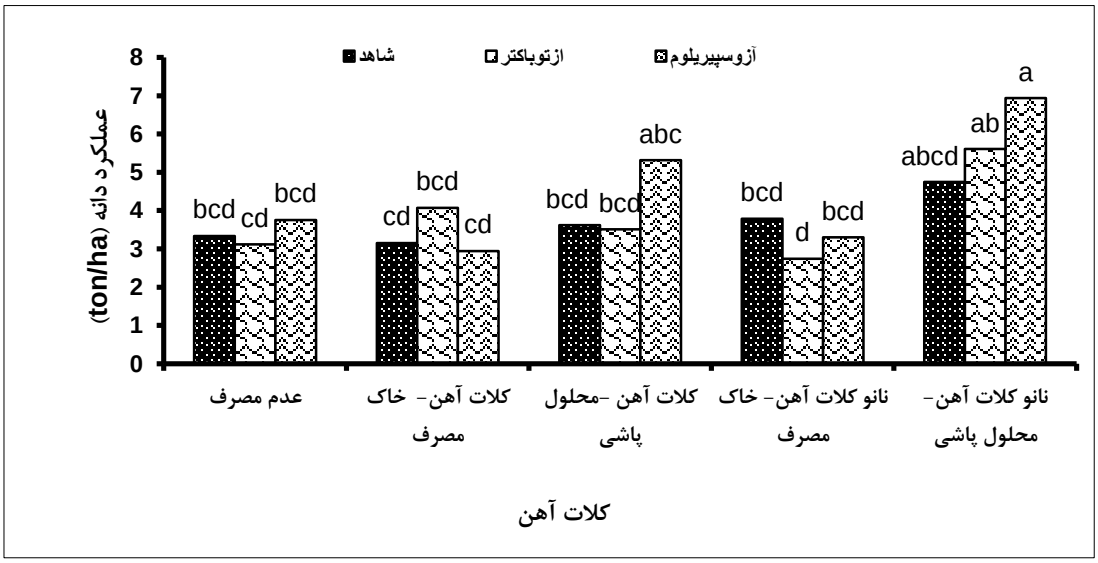
شکل ۴-۶- تاثیر کلات آهن بر عملکرد بیولوژیک

۴-۴- عملکرد دانه

نتایج تجزیه آماری داده‌ها نشان داد (جدول۴-۱)، کود زیستی، کود کلات آهن و اثر متقابل کود زیستی و کلات آهن بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تاثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشت. مقایسه میانگین داده‌ها (جدول۴-۲) نشان داد بیشترین میزان عملکرد دانه در ترکیب تیماری آزوسپیریلوم و محلول‌پاشی نانو کلات آهن (۶/۹۳ تن در هکتار) حاصل شد. بعد از این تیمار، ترکیب تیماری تلقیح با ازتوباکتر به همراه محلول‌پاشی نانو کلات آهن با عملکرد دانه به میزان ۵/۶۰ تن در هکتار در درجه دوم و ترکیب تیماری تلقیح با آزوسپیریلوم و محلول پاشی کلات آهن معمولی عملکرد دانه به میزان ۵/۳۱ تن در هکتار در درجه سوم قرار گرفت که به ترتیب باعث افزایش ۶۸/۰۱ و ۵۹/۲۹ درصدی عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد شدند. حسن زاده و همکاران (۱۳۸۶) نیز گزارش کردند که کاربرد باکتری‌های افزاینده رشد گیاه در سطوح مختلف فسفر موجب افزایش قابل توجهی در عملکرد دانه‌ی جو شد. در آزمایشی که توسط کلوپر وهمکارن (۱۹۹۲) انجام گرفت، مشخص شد که عملکرد گندم‌های تلقیح شده با ازتوباکتر و باسیلوس به ترتیب ۳۰ و ۴۳ درصد نسبت به شاهد افزایش از خود نشان داد. رأی و گاور (۱۹۸۸) در یک آزمایش گلدانی در مطالعه‌ی تاثیر ازتوباکتر و آزوسپیریلوم به تنهایی و با هم، روی رشد و عملکرد اظهار داشتند که اثر توأم دو باکتری بیش‌تر از اثر هر یک از آن‌ها به تنهایی بود که تایید کننده‌ی وجود رابطه‌ی سینرژیستی بین این دو باکتری می‌باشد. باکتری‌های افزاینده رشد گیاهی با سازوکارهای مختلف موجب افزایش جذب عناصر ضروری متعددی توسط گیاهان مختلف می‌شوند به عنوان نمونه کاتلن و همکاران (۱۹۹۹)، دلیل اصلی افزایش عملکرد گیاه از طریق تلقیح بذر با باکتری‌های افزاینده رشد گیاه را به افزایش دسترسی گیاه به فسفر از طریق حل آنزیمی و غیر آنزیمی فسفات‌های نامحلول آلی و معدنی توسط باکتری‌های افزاینده رشد گیاه نسبت دادند. وگر و همکاران (۲۰۰۴)؛ کاماکسی و همکاران (۲۰۰۷) افزایش عملکرد به واسطه‌ی باکتری‌های افزاینده رشد گیاه را به افزایش رشد سیستم ریشه‌ای گیاه و در نتیجه افزایش جذب عناصر غذایی مانند نیتروژن نسبت دادند. در آزمایش دیگری اثر باکتری

ازتوباکتر به عنوان باکتری محرک رشد به همراه مواد آلی بر روی گیاه ذرت بررسی شد آزمایش در قالب یک طرح بلوک کامل تصادفی در ۳ تکرار طراحی شده بود و نتیجه آزمایش این مساله را نشان داد که تلقیح خاک با ازتوباکتر و مواد آلی، قابلیت جذب نیتروژن و فسفر را به بالاترین حد خود رسانده و میزان محصول ذرت نیز به میزان قابل توجهی افزایش یافته بود (هنساودین ، ۲۰۰۳). به طور کلی در تیمارهای محلول‌پاشی (نانو کلات آهن و آهن معمولی) در سطوح مختلف کود آهن عملکرد دانه نسبت به تیمارهای خاک مصرف عملکرد بیشتری از خود نشان می‌دهد (شکل ۴-۵). که این نشان دهنده نقش عناصر ریز مغذی و آهن در گیاه و همچنین به نوعی نشان دهنده کارایی بیش‌تر عنصر آهن و نانو ذرات به صورت محلول‌پاشی می‌باشد که این افزایش می‌تواند تأثیر این عنصر بر میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان باشد. قاعدتاً در شرایط رطوبتی مناسب، جذب و انتقال ریز-مغذی‌ها در گیاهان با سهولت بیش‌تری صورت گرفته و طبیعی است که در شرایط عدم تنش اثر ریز مغذی‌ها بر عملکرد محصول بیش‌تر شود. از این نتایج می‌توان استنباط کرد که عملکرد دانه تابع اجزا عملکرد (شامل تعداد دانه در ردیف، تعداد ردیف در بلال و وزن هزار دانه) می‌باشد و تغییر در هر یک از اجزا سبب تغییر در عملکرد خواهد شد. آهن با تأثیر در فتوسنتز باعث افزایش کربوهیدرات می‌شود و از آنجا که در پایان ذخیره این مواد در دانه صورت می‌گیرد می‌توان اظهار نمود که محلول‌پاشی آهن سبب افزایش عملکرد دانه می‌گردد. رحیمی زاده و همکاران (۱۳۸۹) بیان کردند که در شرایط بدون تنش، مصرف ریز مغذی‌ها تأثیر بیش‌تری بر عملکرد دانه داشت. بنابراین در شرایط رطوبتی مناسب جذب و انتقال ریز مغذی‌ها در گیاهان با سهولت بیش‌تری صورت گرفته و طبیعی است که در شرایط عدم تنش اثر ریز مغذی‌ها بر عملکرد بیشتر باشد. خلیلی‌محله و رشیدی(۱۳۸۶) در اثرات محلول پاشی عناصر کم مصرف بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای گزارش کردند در بین کودهای مصرفی نیز تیمار محلول پاشی آهن به همراه روی و منگنز بیشترین عملکرد (وزن‌خشک دانه) به دست‌آمد. حبیب و همکاران(۲۰۰۹) گزارش کردند که استفاده از ۱۵۰ گرم از اکسید آهن سبب افزایش عملکرد دانه گندم شد. رمرودی و همکاران (۱۳۹۰) بیان کردند وجود آهن در گیاه

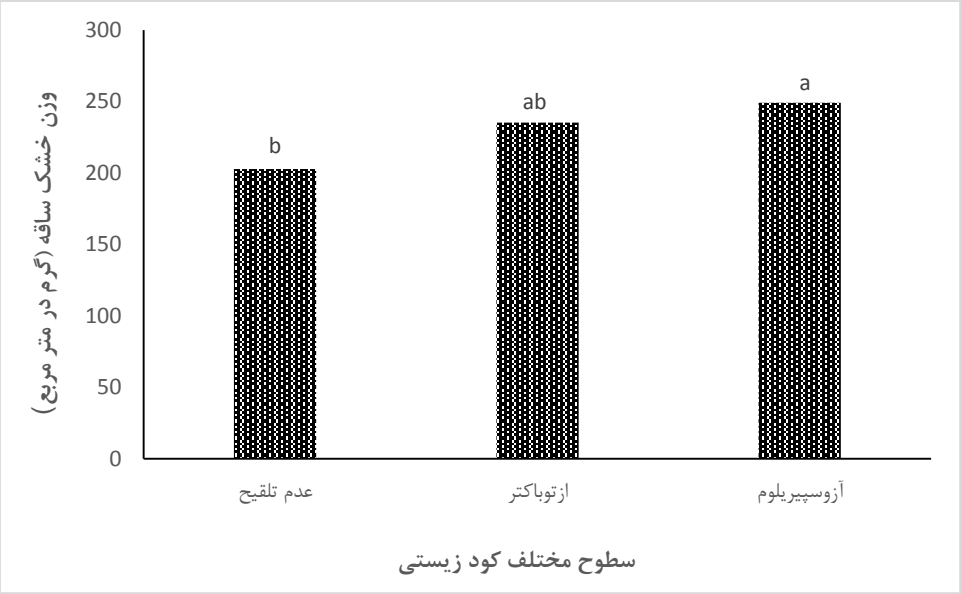
سبب افزایش فتوسنتز و از این طریق سبب افزایش کربوهیدرات و مواد پروتئینی می‌شود و از آنجایی که در نهایت ذخیره این مواد در دانه صورت می‌گیرد، می‌توان گفت که محلول‌پاشی آهن سبب افزایش عملکرد دانه می‌شود. صفیان و همکاران (۱۳۹۰) در بررسی تغذیه برگی عناصر میکرو بر رشد و عملکرد ذرت دانه‌ای رقم سینگل کراس ۳۰۲ در منطقه اصفهان اعلام کردند بیشترین میزان وزن دانه مربوط به محلول‌پاشی با تیمار آهن به همراه روی بود. آهن از عناصر کم مصرف و ضروری درگیاهان است. این عنصر در ساختمان ناقلانی که در انتقال الکترون نقش دارند (مانند سیتوکروم‌ها وپروتئین‌هایی دخیل در فتوسنتز، تنفس و تثبیت بیولوژیک ازت) موجود است. نقش این عنصر در تثبیت ازت و فعالیت برخی آنزیم‌ها، نظیر کاتالاز، پراکسیداز و سیتوکروم اکسیداز به خوبی مورد بررسی قرار گرفته است. جارک و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که در اثر تلقیح گندم بوسیله ازتوباکتر ۱۱-۸ درصد عملکرد آن افزایش یافت. ساجدی و اردکانی (۱۳۸۷) در پژوهشی بر روی ذرت علوفه‌ای در استان مرکزی اعلام کردند که کودهای حاوی عناصر کم مصرف از جمله آهن بیشتر در فعالیت‌های متابولیکی تاثیر گذار بوده و به طور غیر مستقیم با افزایش سرعت رشد، باعث افزایش عملکرد گیاه شد.



شکل ۴-۷ - اثر متقابل کودهای زیستی و کلات آهن بر عملکرد دانه

۴-۵- وزن خشک ساقه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول۴-۱) نشان داد اثر کودهای زیستی تاثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر وزن خشک ساقه داشته است. مقایسه میانگین داده‌ها(جدول۴-۲) نشان داد، بیشترین وزن خشک ساقه در تیمار تلقیح با آزوسپیریلوم با ۲۴۹/۱۴ گرم در متر مربع بدست آمد و باعث افزایش ۲۲/۷۸ درصدی وزن خشک ساقه نسبت به تیمار شاهد شد. کم‌ترین وزن خشک ساقه مربوط به تیماره عدم تلقیح با ۲۰۲/۹۱ گرم در متر مربع بود. وزن خشک ساقه در تیمار تلقیح با ازتوباکتر، ۲۳۵/۴ گرم در متر مربع بود که باعث افزایش ۱۶/۰۱ درصدی وزن ساقه نسبت به تیمار عدم تلقیح شد. که این روند افزایشی وزن خشک ساقه در اثر مصرف کودهای زیستی به دلیل این است که مصرف این کودها منجر به افزایش طول میان گره‌ها شده، که این امر می‌تواند مربوط به تحریک هورمون‌های رشد گیاهی تولید شده توسط این باکتری‌ها باشد. اثر اصلی کود کلات آهن باعث افزایش وزن خشک ساقه نسبت به تیمار شاهد شده است. اگر چه این افزایش از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد نداشت. بای و همکاران(۲۰۰۲) نیز افزایش وزن خشک ساقه، ریشه، گره را در بوته‌های سویا تلقیح یافته با مقادیر مختلف باکتری‌های محرک رشدگزارش کردند. تیلاک و همکاران (۱۹۸۲)، اثر تلقیح ازتوباکتر و آزوسپیریلوم را بر مقدار ماده خشک بخش هوایی ذرت و سورگوم قابل توجه ذکر کرده‌اند. در تحقیقی مشخص شد که وزن خشک ساقه، سطح برگ و عملکرد دانه در بوته های کلزای تلقیح یافته با سویه‌های ازتوباکتر به طور معنی‌داری افزایش یافت. این اثرات می‌تواند بواسطه تأثیر ازتوباکتر بر افزایش میزان نیتروژن قابل استفاده برای گیاه، هورمون‌های گیاهی و همچنین محافظت گیاه در برابر بیماری‌ها باشد که منجر به افزایش سطح برگ و عملکرد گیاه می شود (زائد و همکاران، ۲۰۰۷).



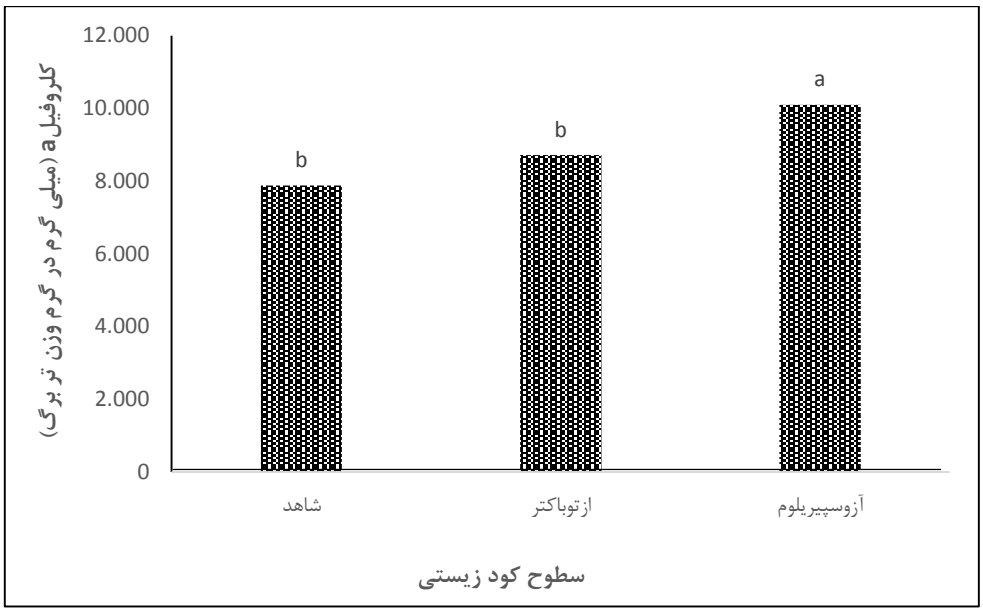
شکل ۴-۸ - تاثیر کودهای زیستی بر وزن خشک ساقه

۴-۶- رنگدانه‌های فتوسنتزی

۴-۶-۱- کلروفیلa

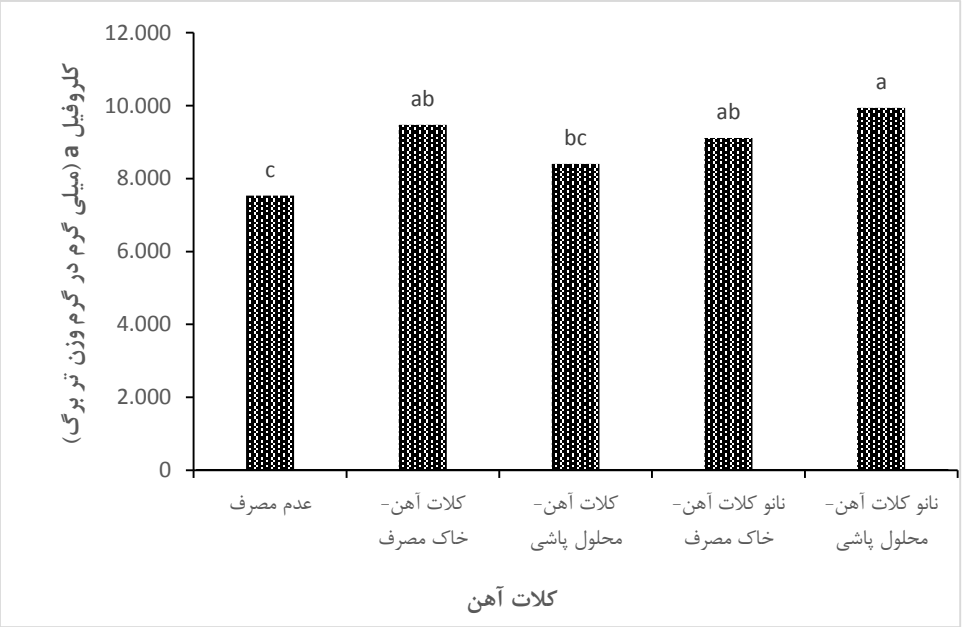
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول۴-۳) حاکی از آن است که کود زیستی در سطح احتمال ۱درصد و اثر کلات آهن بر محتوی کلروفیل a در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شده است. در حالی که اثر متقابل کودهای زیستی و کلات آهن بر این صفت اثر معنی‌داری نشان نداد. جدول مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۴-۴) نشان می‌دهد که بیشترین میزان کلروفیل a از تیمار تلقیح با باکتری آزوسپیریلوم به میزان ۱۰/۰۹ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ به دست آمد و ۲۸/۱۸ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. تیمار تلقیح با ازتوباکتر با مقدار ۸/۷۱ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ در رده دوم و تیمار عدم تلقیح با مقدار ۷/۸۷ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ در رده ی سوم قرار گرفت اما تیمار ازتوباکتر و شاهد از لحاظ آماری در یک گروه قرار گرفتند. احتمالا از آنجا که نیتروژن و کلروفیل در گیاهان با هم تناسب دارند، تثبیت نیتروژن توسط کودهای زیستی باکتریایی سبب

افزایش میزان کلروفیل برگ می‌شود. حاجی بلند و همکاران (۱۳۸۳) گزارش کردند که آزوسپیریلوم رشد و محتوای کلروفیل گندم را افزایش داد.



شکل ۴-۹- تاثیر کودهای زیستی بر میزان کلروفیل a

جدول مقایسه میانگین داده‌ها (جدول۴-۴) نشان می‌دهد در اثر اصلی کود کلات آهن، محلول پاشی نانو کلات آهن بیشترین مقدار کلروفیل a از تیمار محلول‌پاشی نانو کلات آهن به مقدار ۹/۹۳ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ به دست آمد و ۳۱/۸۷ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. تیمارهای کلات آهن معمولی و نانو کلات آهن به صورت خاک مصرف در یک گروه آماری قرار گرفتند و به ترتیب ۲۵/۷۶ و ۲۰/۹۸ درصد باعث افزایش مقدار کلروفیل a نسبت به شاهد شدند. کمترین مقدار کلروفیل a از تیمار شاهد به مقدار ۷/۵۳ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ به دست آمد (شکل۴-۱۰). غلظت کلروفیل به عنوان یک شاخص برای ارزیابی قدرت منبع شناخته شده می‌شود، زیرا غلظت کلروفیل برگ یکی از عوامل کلیدی در تعیین سرعت فتوسنتز و تولید ماده خشک می‌باشد (قوش و همکاران، ۲۰۰۴).



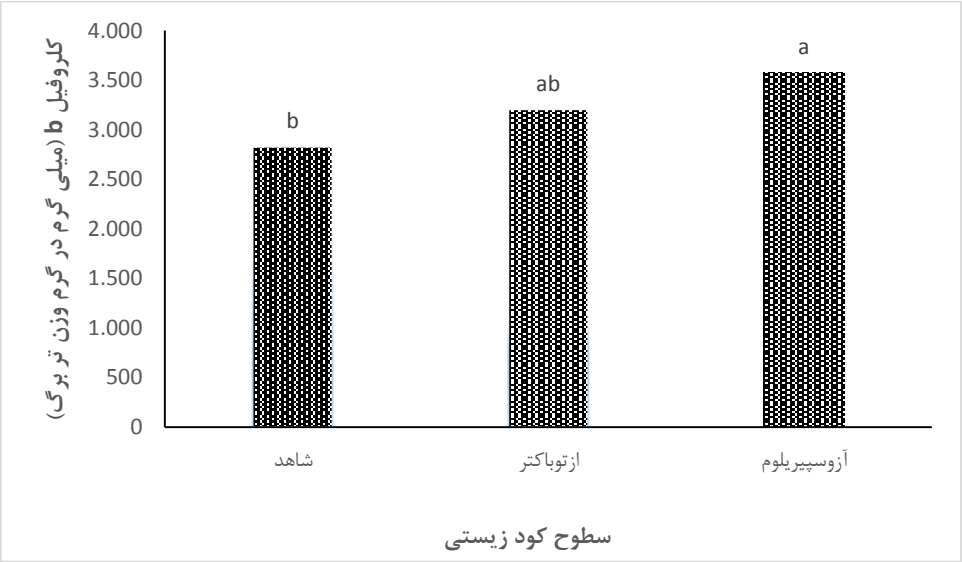
شکل۴-۱۰- تاثیر کلات آهن بر میزان کلروفیل a

در آزمایشی محمدزاده و همکاران(۱۳۹۰) بیش‌ترین مقدار کلروفیل a، کلروفیل کل، کاروتنوئید و گزانتوفیل در تیمار ۹ کیلوگرم در هکتار محلول‌پاشی نانو کود کلات آهن در دو مرحله قبل از گلدهی + شروع غلاف دهی در لوبیا چیتی مشاهده گردید. کمبود آهن باعث می‌شود که کلروفیل در مقادیر کافی تولید نشود. کاهش کلروفیل منجر به کاهش فتوسنتز و کاهش تولید ATP مورد نیاز برای رشد و نمو گیاه مثل کاهش رشد برگ می‌شود (محمدی پور و همکاران، ۲۰۱۳).

۴-۶-۲- کلروفیل b

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول۴-۳) نشان داد که کود زیستی در سطح احتمال ۱ درصد و اثر کود کلات آهن بر محتوی کلروفیل b در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شده است. در حالی که اثر متقابل کودهای زیستی و کود کلات آهن بر این صفت، اثر معنی‌داری نشان نداد. جدول مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۴-۴) نشان داد که بیشترین مقدار کلروفیل b در تیمار تلقیح با باکتری

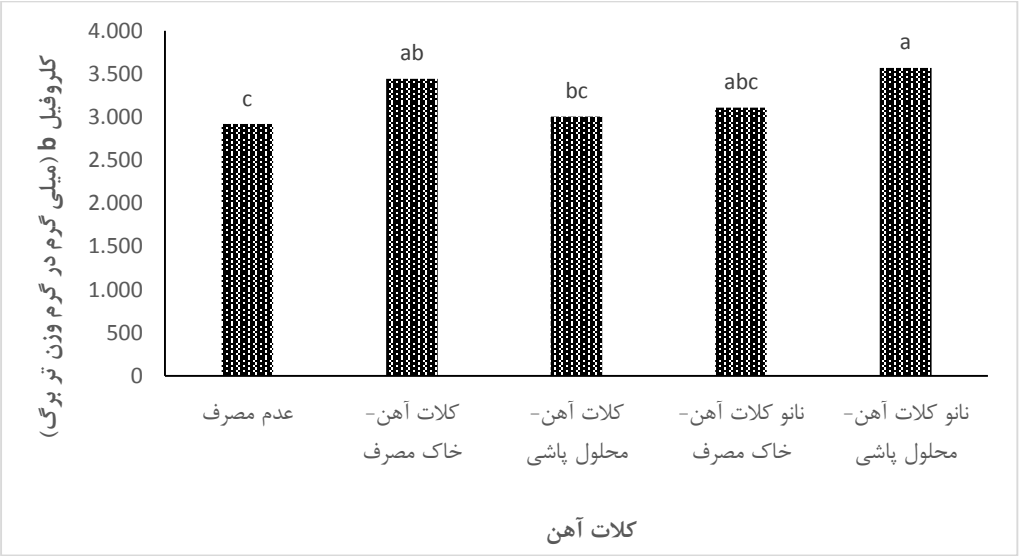
آزوسپیریلوم به مقدار ۳/۵۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ به دست آمد و نسبت به تیمار شاهد ۲۶/۵۰ درصد افزایش یافت. تیمار تلقیح با ازتوباکتر بعد از تیمار آزوسپیریلوم به مقدار ۳/۲۰ میلی-گرم در گرم وزن تر برگ در رده ی دوم و تیمار شاهد با کمترین مقدار (۲/۸۲ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) در رده‌ی سوم قرار گرفت (شکل۴-۱۱).



شکل ۴-۱۱- تاثیر کودهای زیستی بر میزان کلروفیل b

همچنین جدول مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۴-۴) نشان داد که، که بیشترین مقدار کلروفیل b در تیمار محلول پاشی نانو کلات آهن به مقدار ۳/۵۷ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ به دست آمد و نسبت به تیمار شاهد ۲۲/۲۶ درصد افزایش یافت. تیمار کلات آهن معمولی و نانو کلات آهن به صورت خاک مصرف بعد از تیمار محلول پاشی نانو کلات آهن به ترتیب به مقدار ۳/۴۴ و ۳/۱۰ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ در رده ی دوم و سوم قرار گرفتند و کمترین مقدار به میزان ۲/۸۲ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ مربوط به تیمار شاهد بود. در این آزمایش کمترین میزان کلروفیل b در عدم مصرف کود و عدم تلقیح مشاهده شد. بیش‌ترین کلروفیل b نیز در محلول‌پاشی نانو کلات آهن حاصل شد. با توجه به نتایج ذکر شده چنین استنباط می‌شود ذرات نانو آهن با توجه به خصوصیاتی که دارند می‌توانند از طریق افزایش میزان کلروفیل و به دنبال آن فتوسنتز نقش مهمی

در افزایش عملکرد گیاه ایفا کنند. به نظر می‌رسد که این افزایش می‌تواند ناشی از نقش عملکردی آهن در فعال‌سازی پروتئین سنتتازهای مسیر بیوسنتز کلروفیل و برخی از آنزیم‌های آنتی اکسیدان مانند آسکوربات پراکسیداز در مسیر حفاظ از تخریب کلروفیل توسط رادیکال‌های فعال اکسیژن باشد (زاید و همکاران، ۲۰۱۱). با مصرف عناصر ریزمغذی آهن فعالیت فتوسنتزی گیاه افزایش یافته و باعث توسعه پوشش گیاهی و افزایش شاخ و برگ می‌شود (کوچکی و بنایان، ۱۹۹۴). بنابراین با وجود این‌که آهن در ساختار کلروفیل شرکت ندارد ولی کمبود آن سبب کاهش میزان کلروفیل شده و نهایتاً رنگ سبز برگ‌ها به زردی متمایل می‌شود، که این پدیده کلروز نامیده می‌شود (میر محمدی و همکاران، ۱۳۸۱).



شکل ۴-۱۲ - اثر اصلی کاربرد سطوح مختلف کود آهن بر میزان کلروفیل b

در آزمایشی بر روی گیاه سویا نشان داد زیادی و کمبود آهن تأثیر قابل توجهی بر مقدار کلروفیل داشته است که در نهایت سبب جلوگیری از فتوسنتز و رشد گیاه گردید (گاش و همکاران، ۲۰۰۴). گزارش ملکوتی (۱۳۷۹) حاکی از آن است که کمبود آهن به سازو کار تولید کلروفیل آسیب می-رساند، زیرا معلوم شده است که مقدار کلروفیل گیاهان به در دسترس بودن مداوم آهن بستگی دارد و

می‌تواند به عنوان یک عامل کمکی برای فعال کردن آنزیم نیترات ریداکتاز به کار رود. آهن، بخشی از گروه کاتالیزوری بسیاری از آنزیم‌های اکسیداسیون و احیا است و برای سنتز کلروفیل مورد نیاز می-باشد (کمرکی و گلوی،۱۳۹۱).

۴-۶-۳- کاروتنوئید

همان‌طور که در جدول تجزیه واریانس(جدول۴-۳) مشاهده می‌گردد، همه منابع تغییر موجود بر کاروتنوئید گیاه ذرت معنی‌دار نشد. در توجیه چنین نتیجه‌ای می‌توان به این نکته اشاره نمود که از مهم ترین اثرات کمبود آهن، کاهش محتوای رنگدانه های فتوسنتزی است که نتیجه‌ی آن افزایش نسبی کارتنوئیدها در مقایسه با کلروفیل بوده که در نهایت سبزینگی برگ‌ها و توان فتوسنتزی آن ها را کاهش می‌دهد (بریت و همکاران ، ۲۰۰۷).

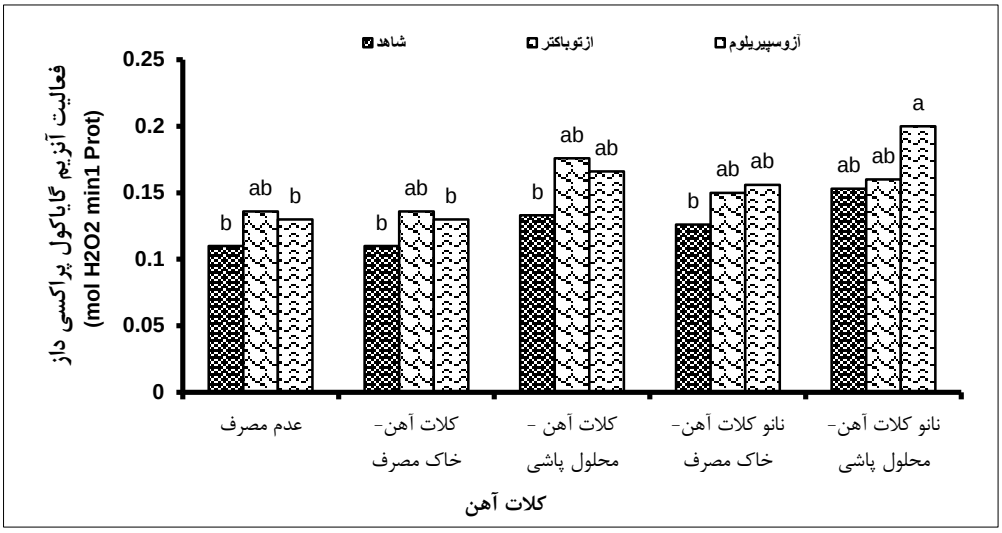
۴-۷- فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان

۴-۷-۱- آنزیم کاتالاز (CAT)

داده‌های بدست آمده از جدول تجزیه واریانس (جدول۴-۷) نشان داد هیچ کدام از تیمارهای مورد مطالعه بر روی فعالیت آنزیم کاتالاز (CAT) برگ تاثیر معنی‌داری نداشت. کمتر بودن فعالیت آنزیم در تیمارهای حاوی باکتری احتمالاً نشان دهنده این است که باکتری گیاه را در شرایط مناسب تری قرار داده است و در نتیجه گیاه مقدارCAT کمتری تولید نموده است (مسلمی، ۱۳۸۹). نتایج کوهلِر(۲۰۰۹) برروی کاهو نشان داد که در شرایط نرمال(بدون تنش شوری یا خشکی)گیاهچه های تلقیح شده با باکتری پسودوموناس میزان فعالیت آنزیم کاتالاز کمتری را نسبت تیمار شاهد (بدون باکتری) نشان داد(قریب و همکاران، ۲۰۰۸). عُمَر نیز کاهش در فعالیت آنزیم کاتالاز را در گیاهچه های جو تلقیح شده با باکتری آزوسپیریلوم را گزارش کرد (عمر و همکاران، ۲۰۰۹).

۴-۷-۲- فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز (GPX)

تجزیه واریانس داده‌ها (جدول۴-۷) نشان می‌هد که نتایج حاصل از فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز (**GPX**) حاکی از آن است اثرات اصلی کودهای زیستی و همچنین کود کلات آهن و اثر متقابل کودهای زیستی × کلات آهن بر این صفت در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. بیش‌ترین میزان فعالیت این آنزیم از تیمار ترکیبی آزوسپیریلوم و محلول‌پاشی نانو کلات آهن حاصل شد. در این بین تیمار ازتوباکتر * کلات آهن-خاک مصرف و تیمار آزوسپیریلوم و محلول‌پاشی کلات آهن به ترتیب از نظر فعالیت در رده دوم و سوم قرار گرفتند (شکل۴-۱۳). کمترین فعالیت این آنزیم از تیمار شاهد و تیمار عدم تلقیح همراه با کلات آهن به صورت خاک مصرف به میزان ۰/۱۱ min1 prot mol H_2O_2 بود. جدول مقایسه میانگین داده‌ها (جدول۴-۸) نشان داد که محلول‌پاشی نانو کلات آهن بر میزان فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز باعث افزایش ۳۰/۷۶ درصد نسبت به شاهد شد. در کود زیستی بیش‌ترین میزان فعالیت این آنزیم در تیمار آزوسپیریلوم و با ۱۸/۴۶ درصد افزایش نسبت به شاهد حاصل شد. بر این اساس، تغییر فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز(**GPX**) یک مکانیسم حمایتی جهت انهدام مؤثر سوپراکسیدها و هیدروژن پراکسیدها محسوب می‌شود. محلول‌پاشی نانو آهن در این آزمایش سبب افزایش فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز گردید. آنزیم‌های کاتالاز، گایاکول پراکسیداز و آسکوربات پراکسیداز(**GPX**) از مهم‌ترین آنزیم‌های خنثی کننده پراکسید هیدروژن در گیاهان هستند. زیرا آن‌ها حاوی آهن بوده و فعالیت آن‌ها احتمالاً تحت تأثیر کمبود آهن قرار می-گیرد(شیگوکا و همکاران، ۲۰۰۲). در مطالعه‌ای گزارش شد که فعالیت آنزیم‌های آسکوربات پراکسیداز، کاتالاز و پراکسیداز، در شرایط کمبود آهن کاهش می‌یابد (سان و همکاران، ۲۰۰۷).

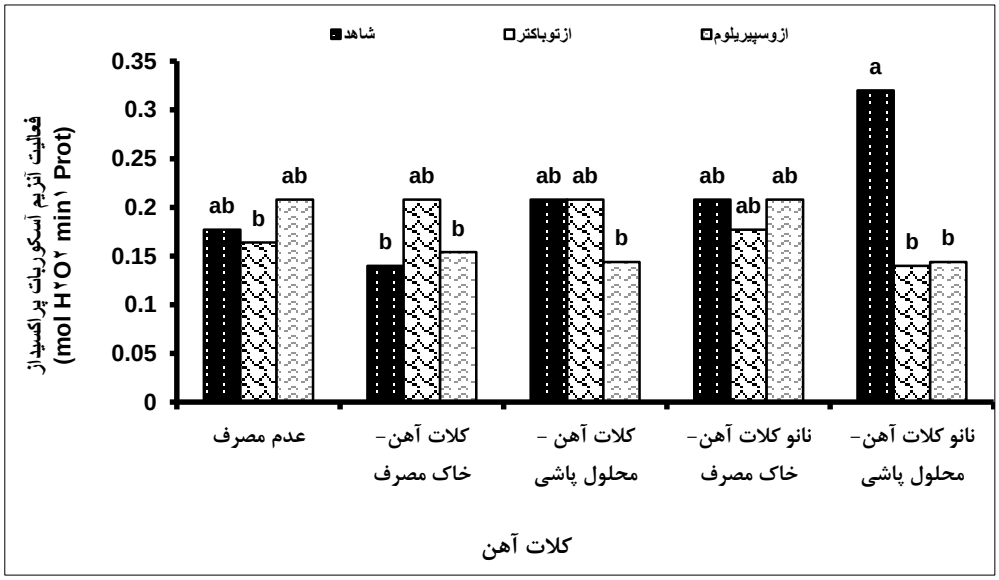


شکل ۴-۱۳- اثر متقابل کودهای زیستی و کلات آهن بر فعالیت آنزیم گایاکول پروکسیداز

۴-۷-۳- فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز (APX)

نتایج بدست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول۴-۷) حاکی از آن است که اثر متقابل کود زیستی و کلات آهن در سطح احتمال ۱ درصد بر میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز (APX) معنی دار شد و اثرات اصلی کود زیستی و کلات آهن معنی دار نشد. جدول مقایسه میانگین داده‌های اثر متقابل نشان داد که بیش‌ترین میزان فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز در کلات آهن و در ترکیب تیماری عدم تلقیح به همراه محلول‌پاشی نانو کلات آهن به میزان ۰/۳۲ min1 prot mol H_2O_2 حاصل شده است. که نسبت به تیمار شاهد از افزایشی معادل ۵۰/۲۳ درصد برخودار بود. فعالیت کم آنزیم در تیمارهای حاوی باکتری احتمالاً نشان دهنده این است که باکتری گیاه را در شرایط مناسب تری قرار داده است و در نتیجه گیاه مقدار APX کمتری تولید نموده است. احتمالاً این نتیجه نشان دهنده این مطلب است که باکتری‌ها اثر تنش‌های محیطی را از طریق مکانیسم دفاعی دیگری کاهش می‌دهند، که از بالا رفتن فعالیت آنزیم APX جلوگیری کرده است، زیرا فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان تنها مکانیسم دفاعی گیاه در کاهش خسارت‌های اکسیداتیو نیست و بالا بودن پرولین نیز می تواند عامل دیگری در کاهش خسارت های اکسیداتیو باشد (مسلمی، ۱۳۸۹).

کمبود آهن در گیاهان نه تنها موجب کلروز می‌شود، بلکه فعالیت آنزیم‌های مشخصی مانند کاتالاز و پراکسیداز را نیز کاهش می‌دهد. زیرا به عنوان گروه‌های پروستتیک، نقش ویژه‌ای را در متابولیسم گیاهی ایفا می‌کنند (بنیستر و همکاران، ۱۹۸۷). سیستم‌های آنزیمی شامل آنزیم‌های سوپراکسید دسموتاز، گایاکول پراکسیداز، کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز می‌باشد (آریانو و همکاران، ۲۰۰۵). در سیستم غیر آنزیمی، آنتی اکسیدانت‌هایی مانند ویتامین E ، اسید آسکوربیک و ویتامین A خط دفاعی بعدی را در مقابل حمله انواع رادیکال های اکسیژن فعال تشکیل می‌دهند (بیابر و همکاران، ۲۰۰۴). ویرسما (۲۰۰۵) اظهار داشت که مصرف کافی آهن می‌تواند به طور مؤثری کلروز را کاهش و سبب افزایش عملکرد و آنزیم‌های آنتی اکسیدانت در سویا می‌شود. نتایج حاصل از مطالعه انجام شده روی گیاه *Ocimum basilicum* که در معرض غلظت‌های مختلفی از کود کلات آهن (۱/۵، ۴/۵ و ۷/۵ کیلوگرم در هکتار) و نانو کود کلات آهن (۱، ۳،۵کیلوگرم در هکتار) قرار گرفت نشان داد که فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان از جمله کاتالاز و پراکسیداز در گیاهانی که تحت تیمار نانو کود آهن قرار گرفتند در مقایسه با شاهد و گیاهان تحت تیمار غلظت‌های مختلف کود آهن کاهش معنی‌داری نشان داد. بررسی‌ها نشان داد که بین گروه‌های شاهد کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی از جمله پراکسیداز، سوپر اکسید دیسموتاز و کاتالاز شد و در تیمارهای نانوکود کلات آهن و کلات آهن اعمال شده افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان نسبت به شاهد مشاهده شد. اما با افزایش غلظت کود آهن و نانو آهن از میزان فعالیت آنزیم‌ها کاسته شد (پیوندی و همکاران، ۲۰۱۱). نتایج تجزیه واریانس بیانگر این است که اثر متقابل سطوح مختلف کود زیستی باکتریایی و نانو کلات آهن بر درصد آهن دانه و برگ معنی دار بود($p\leq 0/01$)(جدول۱).



شکل ۴-۱۴- اثر متقابل کودهای زیستی و کلات آهن بر فعالیت آنزیم آسکوربات پروکسیداز

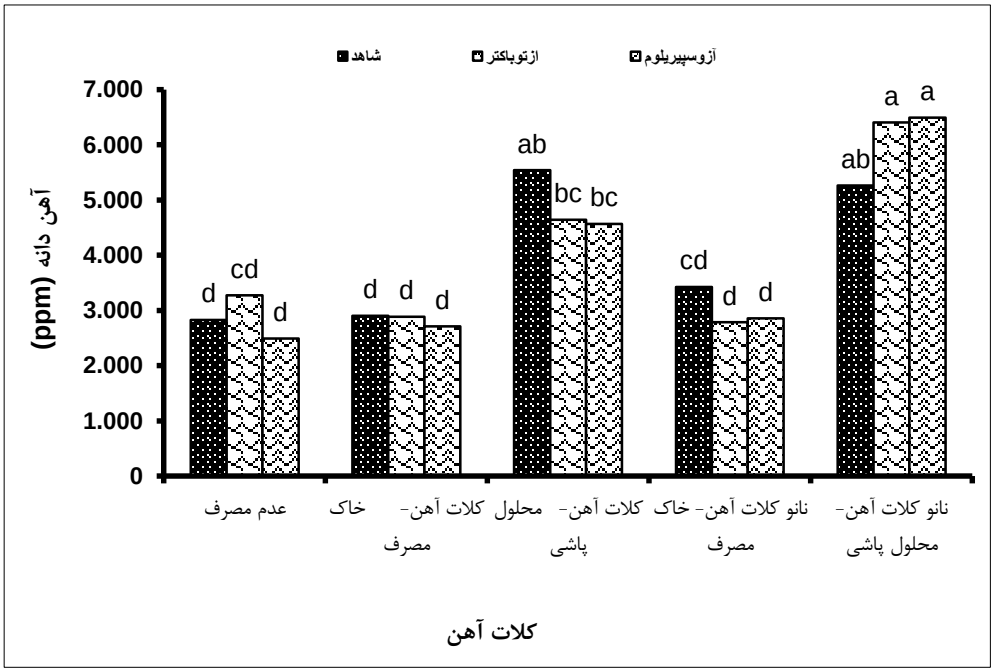
۴-۸- عناصر معدنی دانه و برگ

۴-۸-۱- آهن دانه و برگ

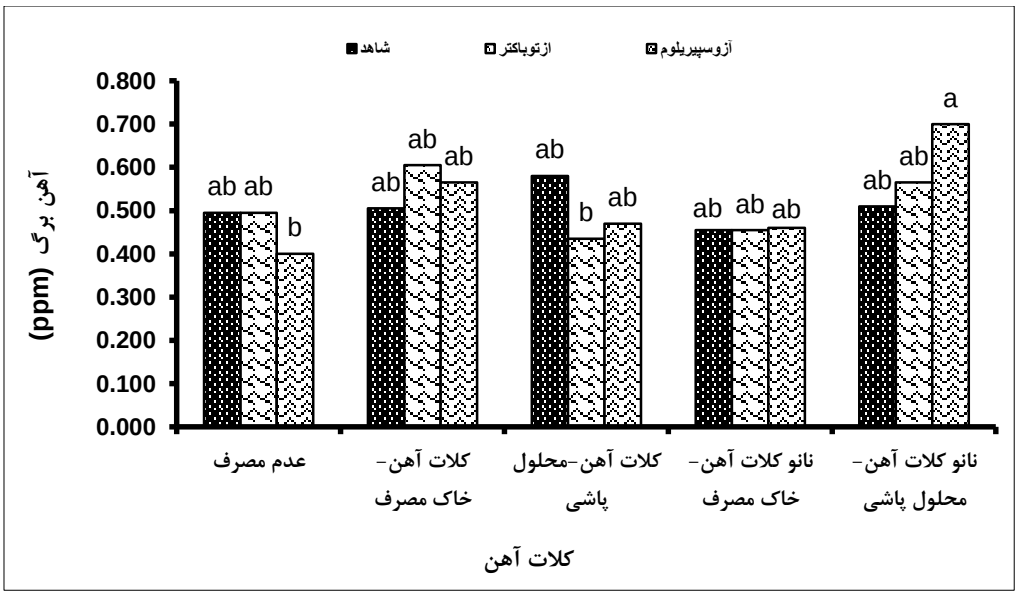
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول۴-۵) نشان می‌دهد کود کلات آهن و اثر متقابل کودهای زیستی × کلات آهن در سطح احتمال ۱ درصد بر مقدار آهن دانه و برگ معنی‌دار شد. محلول پاشی نانو کلات آهن بر میزان آهن دانه و برگ اثر مثبت نشان داد. بیشترین میزان آهن دانه و برگ مربوط به ترکیب تیماری آزوسپیریلوم به همراه محلول‌پاشی نانو کلات آهن است و نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۱۳۰/۱۴ و ۲۲/۴۴ درصد از خود افزایش نشان داد (شکل۴-۱۵). بیش‌ترین میزان آهن دانه به مقدار ۶/۴۹ ppm از ترکیب تیماری تلقیح با آزوسپیریلوم به همراه محلول پاشی نانو کلات آهن فراهم شد و کمترین میزان آهن دانه از ترکیب تیماری عدم مصرف کود همراه با تلقیح با آزوسپیریلوم به مقدار ۲/۴۹ ppm بدست آمد. در بررسی سایر تیمارها مشاهده شد که ترکیب تیماری تلقیح با ازتوباکتر به همراه محلول پاشی نانو کلات آهن و ترکیب تیماری عدم تلقیح به همراه محلول‌پاشی کلات آهن معمولی در درجه دوم و سوم قرار دارند. خسروی و همکاران (۲۰۰۹) در

آزمایشی گلدانی اثر تلقیح ریشه نهال سیب با چند سویه ازتوباکتر بومی را بر جذب عناصر و برخی شاخص‌های رشد بررسی کردند. نتایج نشان داد که تلقیح، جذب پتاسیم، منیزیم، آهن، منگنز، روی و بر توسط برگ ها و همچنین مقادیر جذب ازت، فسفر، پتاسیم، منگنز و روی توسط ریشه‌ها را افزایش داد. برخی محققین معتقدند که افزایش در میزان جذب عناصر به واسطه تولید اسیدهای آلی توسط گیاهان و باکتری‌های محرک رشد در ریزوسفر، که موجب کاهش pH محلول خاک و در نتیجه افزایش دسترسی به عناصر معدنی نظیر آهن، فسفر، کلسیم و منگنز می‌باشد(باشان و لوانونی، ۱۹۹۱). برخی دیگر از تحقیقات نشان می‌دهد که باکتری‌های محرک رشد قادر به تغییر مورفولوژی و افزایش سطح جذب ریشه می‌باشد. این تغییرات ایجاد شده در نتیجه تلقیح با باکتری‌های محرک رشد، موجب افزایش جذب عناصر معدنی در گیاهان می‌گردد(باشان و همکاران، ۱۹۹۰) ؛(کاریلو و باشان، ۲۰۰۲). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها(جدول ۴-۶) نشان می‌دهد مقدار آهن دانه در تیمارهای، آهن معمولی و نانو کلات آهن به صورت خاک مصرف به مراتب کمتر از تیمارهای نانو کلات آهن و آهن معمولی به صورت محلول‌پاشی بود بیش‌ترین میزان آهن برگ به مقدار ۰/۷ ppm از ترکیب تیماری تلقیح با آزوسپیریلوم همراه با محلول پاشی نانو کلات آهن فراهم شد و کمترین میزان آهن دانه در ترکیب تیماری عدم مصرف کود همراه با تلقیح با آزوسپیریلوم به مقدار ۰/۴ppm بدست آمد و بقیه تیمارها در یک گروه آماری قرار گرفتند (شکل۴-۱۵). افزایش غلظت آهن دانه می‌تواند در نتیجه‌ی بهبود تولید آسیمیلات ناشی از فتوسنتز جاری و همچنین انتقال مجدد و مطلوب مواد به دانه‌ها باشد. این فرض از آن جا قابل توجیه است که چنانچه افزایش غلظت آهن با عدم بهبود عملکرد دانه همراه می‌شد، در آن صورت فرض تجمع بیش از حد آهن در دانه مطرح می-گردید. بنابراین نتایج این آزمایش نشان می‌دهد که غلظت آهن دانه به طور مطلوبی تحت تأثیر تیمار کاربرد نانو کلات آهن قرار گرفته اند. گزارش شده که کاربرد آهن به صورت محلول‌پاشی در مقایسه با کاربرد خاکی آن، غلظت آهن در اندام های هوایی کلزا را بهبود داد. بخشی از این بهبود ناشی از جذب آسان‌تر و سریع‌تر آهن توسط اندام‌ها در روش محلول‌پاشی در مقایسه با روش خاک کاربرد آن

است. بنابراین فراهمی بهتر و سریع‌تر آهن در روش محلول‌پاشی از تخریب کلروفیل و به دنبال آن زردی برگ‌ها جلوگیری کرده است و فتوسنتز جاری گیاه به علت نقش مؤثر آهن در سیستم انتقال الکترون بهبود یافته است (ماسونی و همکاران، ۱۹۹۶). مورت و همکاران (۱۹۷۲) به این نتیجه رسیدند که کلیه محصولات زراعی، محلول پاشی آهن روش مؤثرتری برای جبران کمبود آهن بوده و قابل قبول‌تر از مصرف خاکی آن می‌باشد. وطنی و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که کاربرد نانو کودهای کلات آهن در گیاه اسفناج اثرات مثبتی بر تجمع آهن داشت. زیدان و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که محلول‌پاشی گندم با کود آهن باعث افزایش معنی‌داری مقدار آهن دانه گندم گردید. با توجه به نتایج فوق می‌توان گفت جهت رفع کمبود آهن در منابع غذایی، از کودهای ریز مغذی به ویژه به صورت نانو که سبب جذب بهتر در دانه گیاهان می‌شود می‌توان استفاده کرد. در مطالعه‌ای روی تأثیر محلول‌پاشی نانو ذره آهن و منیزیم بر روی گیاه چشم بلبلی گزارش شد، محلول پاشی نانو آهن در هر دو غلظت ۰/۵ و ۰/۲۵ گرم بر لیتر، آهن برگ افزایش یافت به طوری که آهن موجود در اندام هوایی لوبیا چشم بلبلی فقط با نانو اکسید ۰/۲۵ گرم در لیتر محلول‌پاشی شدند، ۲ برابر شاهد بود (دلفانی، ۱۳۹۰). پهلوان راد و همکاران (۱۳۸۷) در بررسی اثر کاربرد روی، آهن و منگنز بر عملکرد و اجزای عملکرد، غلظت و جذب عناصر غذایی در گندم نشان دادند که غلظت آهن دانه به میزان ۲۱ درصد با محلول پاشی آهن، افزایش یافت. همچنین در مطالعه ای دیگر اثر مثبت نانو آهن بر غلظت آهن دانه در گیاه سویا توسط شیخ بگلو و همکاران (۲۰۱۰) گزارش شد که محلول پاشی نانو اکسید آهن سبب افزایش بیش تر آهن دانه، نسبت به استفاده از آهن معمولی شد.



شکل ۴-۱۵- اثر متقابل کودهای زیستی و کلات آهن بر میزان غلظت آهن دانه

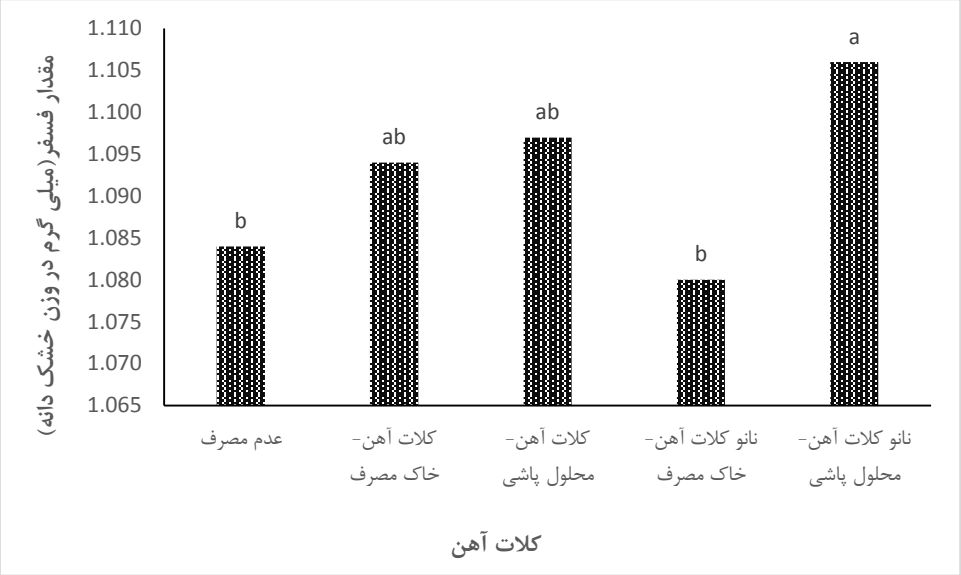


شکل ۴-۱۶- اثر متقابل کودهای زیستی و کاربرد سطوح مختلف کود آهن بر میزان غلظت آهن برگ

۴-۸-۲-محتوای فسفر دانه و برگ

نتایج تجزیه واریانس بیانگر این است که کلات آهن تأثیر معنی داری بر میزان فسفر دانه داشتند ($p\leq0/05$) (جدول۴-۵). تأثیر سطوح مختلف کود زیستی بر درصد فسفر دانه و برگ و تأثیر کلات آهن و همچنین اثر متقابل کود زیستی و کلات آهن بر درصد فسفر برگ معنی دار نبود(جدول۴-۵). بر اساس نتایج به دست آمده تیمار محلول‌پاشی نانو کلات آهن بیشترین مقدار فسفر(۱/۱۰۶ میلی-گرم در وزن خشک) و با افزایش ۱/۸۵۱ درصدی فسفر دانه نسبت به شاهد در بالاترین سطح قرار گرفت (جدول۴-۶). در بررسی سایر تیمارها مشاهده شد که تیماری محلول پاشی کلات آهن و کلات آهن معمولی به صورت خاک مصرف به ترتیب با مقدار ۱/۰۹۷ و ۱/۰۹۴ میلی‌گرم در وزن خشک در درجه دوم و سوم قرار دارند.

فسفر نیز یکی از مهمترین عناصر مورد نیاز گیاهان می‌باشد که باعث رشد و قویتر شدن ریشه‌ها، رشد و ضخیمتر شدن ساقه‌ها، پر حجم شدن دانه‌ها، افزایش میزان عملکرد و زودرسی محصول می-شود (ایران‌نژاد و شهبازیان، ۱۳۸۱). منصف افسر و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که تاثیر محلول-پاشی برگی نانو ذرات آهن بر میزان فسفر برگ لوبیا چشم‌بلبلی غیره معنی‌دار بود. زیدان و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که محلول‌پاشی کود آهن در گندم باعث افزایش معنی‌دار درصد فسفر در دانه گردید. نتایج مقایسه میانگین (جدول ۴-۶) نشان می‌دهد مقدار فسفر دانه در تیمارهای، آهن معمولی و نانو کلات آهن به صورت خاک مصرف به مراتب کمتر از تیمارهای نانو کلات آهن و آهن معمولی به صورت محلول‌پاشی بود. با تغذیه برگی می‌توان عناصر غذایی را در اسرع وقت در اختیار گیاه قرار داد. در این روش، عناصر غذایی به طور مستقیم در اختیار شاخه و برگ یا میوه قرار می-گیرد. در بعضی از موارد به ویژه موقعی که پدیده ناسازگاری (آنتاگونیستی)، جذب مواد از طریق ریشه را دچار اشکال می‌کند و یا افزودن موادی به خاک، موجودات زنده خاک را ازبین می‌برد، تغذیه برگی اهمیت زیادی پیدا می‌کند (ملکوتی و طهرانی، ۱۳۷۹).



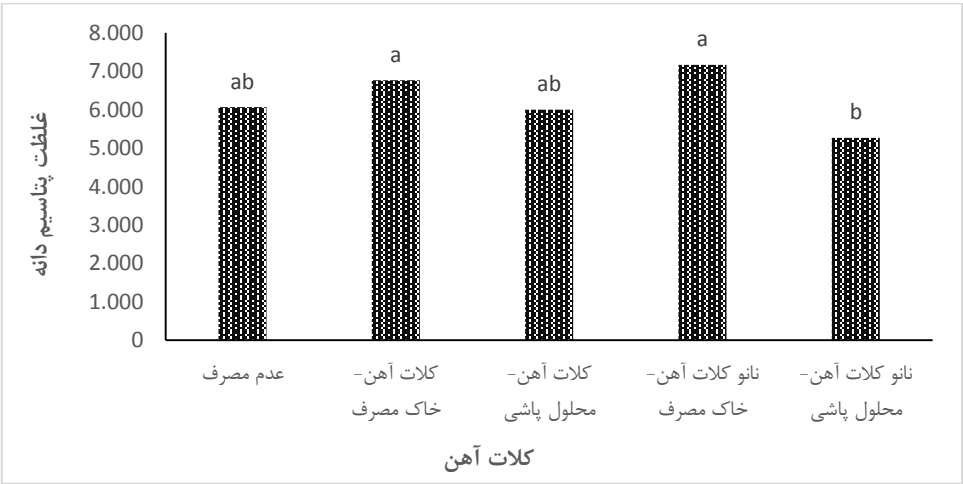
شکل ۴-۱۷ - اثر اصلی کاربرد سطوح مختلف کود آهن بر مقدار فسفر دانه

داده‌های بدست آمده از جدول تجزیه واریانس (جدول۴-۵) نشان داد هیچ کدام از تیمارهای مورد مطالعه بر روی محتوای فسفر برگ تاثیر معنی داری نداشت.

۴-۸-۳- محتوای پتاسیم دانه و برگ

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴-۵) نشان داد کلات آهن بر محتوای پتاسیم دانه ذرت در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار شد. این در حالی است که اثر اصلی کودهای زیستی و اثر متقابل کودهای زیستی × سطوح مختلف کود آهن تاثیر معنی‌داری بر آن نداشت. نتایج به دست آمده با اظهارات بیاری و همکاران (۱۳۸۶) مطابقت دارد. به طور کلی در تیمارهای خاک مصرف نسبت به تیمارهای محلول‌پاشی میزان پتاسیم دانه بیشتر بوده است (شکل ۴-۱۸). بیش‌ترین میزان پتاسیم از تیمار نانو کلات آهن به صورت خاک مصرف به مقدار ۷/۱۶ که نسبت به تیمار شاهد ۱۸/۱۵ درصد افزایش

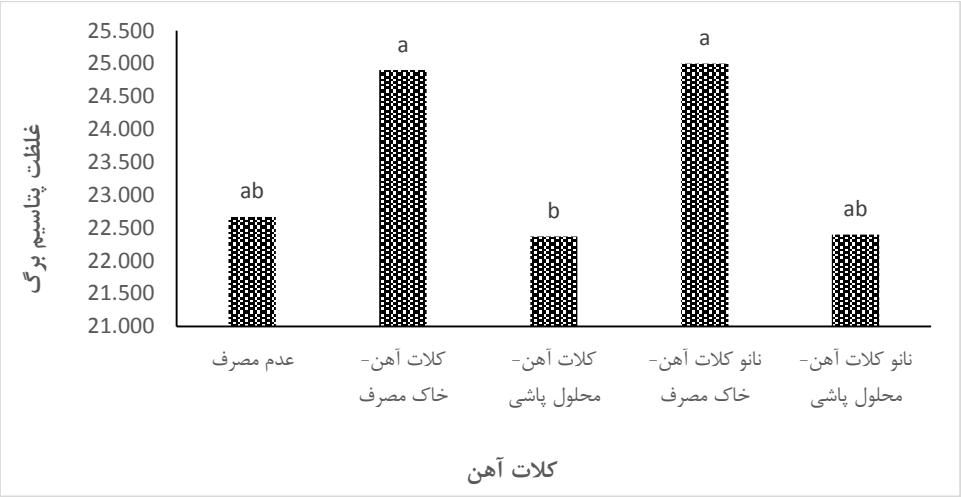
یافت و کمترین مقدار آن از تیمار محلول‌پاشی نانو کلات آهن به میزان ۵/۲۶ حاصل شد که این تیمار باعث کاهش ۱۵/۴۲ درصدی نسبت به تیمار شاهد شد. این کاهش در محلول‌پاشی نانو کلات آهن مشهودتر از بقیه تیمارها بود. در بررسی سایر تیمارها تیمار کلات آهن به صورت خاک مصرف در رده‌ی دوم قرار گرفت. گزارشات حاکی از آن است که آهن سبب کاهش پتاسیم دانه می‌شود. بای بوردی و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که سطح پتاسیم کلزا در سطوح بالای آهن کاهش یافت. جدول مقایسه میانگین داده‌ها (جدول۴-۶) بیانگر آن است که با مصرف خاکی نانو کلات آهن محتوای پتاسیم برگ را افزایش داده است. این افزایش معادل۱۰/۳۲ درصد نسبت به تیمار شاهد بود. پتاسیم یکی از عناصر مهم در متابولیسم گیاه می‌باشد، این عنصر چندین آنزیم را که در سوخت و ساز کربوهیدرات‌ها مشارکت دارند افزایش می‌دهد. کاهش پتاسیم بر روی فعالیت فتوسنتز نیز تأثیر گذار است، باز و بسته شدن روزنه‌ها نقش مهمی در تنظیم اسمزی گیاه تحت شرایط خشکی دارد و همچنین پتاسیم در مکانیسم کنترل روزنه نقش دارد.



شکل ۴-۱۸- اثر اصلی کاربرد سطوح مختلف کود آهن بر مقدار پتاسیم دانه

نتایج تجزیه واریانس(جدول۴-۵) نشان داد کلات آهن بر محتوای پتاسیم برگ ذرت در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. این در حالی است که اثر اصلی کودهای زیستی و اثر متقابل کودهای

زیستی × سطوح مختلف کود آهن تاثیر معنی‌داری بر آن نداشت. بیش‌ترین میزان پتاسیم مربوط از تیمار نانو کلات آهن به صورت خاک مصرف به مقدار ۲۵/۰۰ که نسبت به تیمار شاهد ۱۸/۱۵ درصد افزایش یافت و کمترین مقدار آن از تیمار محلول پاشی نانو کلات آهن به میزان ۲۲/۴۰ حاصل شد که این تیمار باعث کاهش ۱۰/۴ درصدی نسبت به تیمار شاهد شد. این کاهش در محلول پاشی نانو کلات آهن مشهودتر از بقیه تیمارها بود. گزارشات حاکی از آن است که آهن سبب کاهش پتاسیم دانه می‌شود.



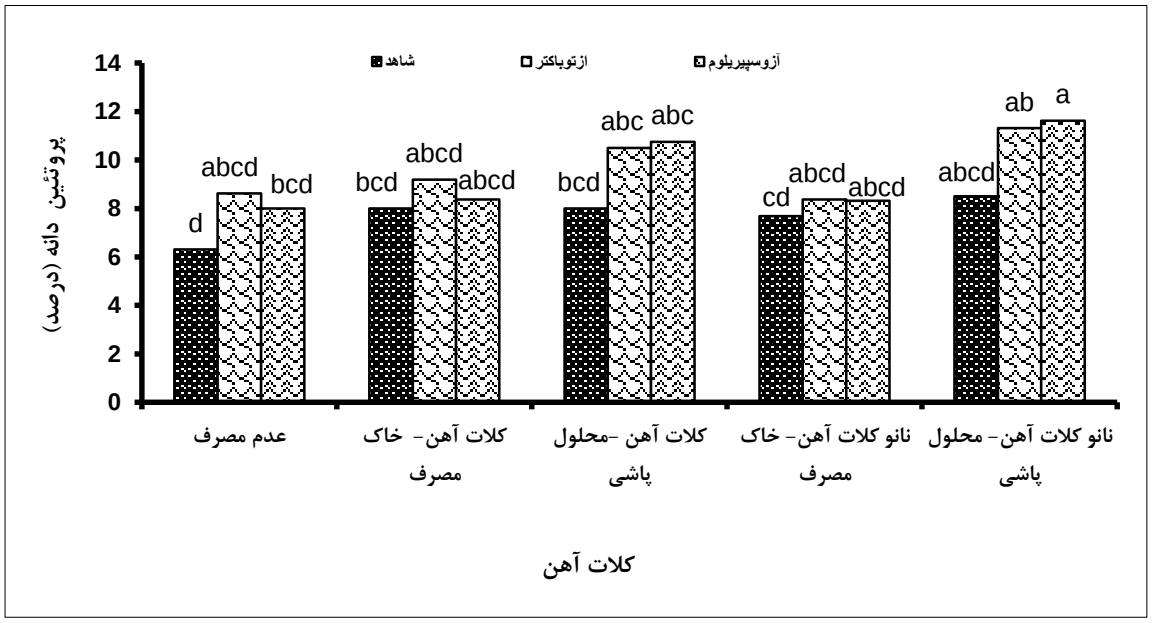
شکل ۴-۱۹ - اثر اصلی کاربرد سطوح مختلف کود آهن بر مقدار پتاسیم برگ

۴-۸-۴- پروتئین دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول۴-۵) نشان می‌دهد که اثر اصلی کاربرد سطوح مختلف کود آهن و اثر متقابل کودهای زیستی × کاربرد سطوح مختلف کود آهن در سطح احتمال ۱ درصد بر مقدار پروتئین دانه معنی‌دار شد. بیشترین میزان پروتئین دانه مربوط به ترکیب تیماری آزوسپیریلوم به همراه محلول پاشی نانو آهن به مقدار ۱۱/۶۲ درصد است(شکل ۴-۲۰). درصد پروتئین دانه در تیمارهای، آهن معمولی و نانو کلات آهن به صورت خاک مصرف به مراتب کمتر از تیمارهای نانو کلات آهن و آهن معمولی به صورت محلول‌پاشی بود(شکل ۴-۲۰). در بررسی سایر تیمارها مشاهده

شد که ترکیب تیماری تلقیح با آزوسپیریلوم به همراه محلول‌پاشی نانو کلات آهن و ترکیب تیماری ازتوباکتر به همراه محلول پاشی کلات آهن معمولی به ترتیب ۱۱/۳۱ و ۱۰/۷۵ درصد پروتئین در درجه دوم و سوم قرار دارند. کمترین درصد پروتئین مربوط به تیمار شاهد(عدم تلقیح و عدم مصرف کود) به مقدار ۶/۳۱ بود. از جمله دلایل برتری تیمار تلقیح شده با باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن نسبت به تیمار شاهد (عدم تلقیح) می توان به افزایش میزان نیتروژن خاک در اثر فعالیت باکتری ها و همچنین افزایش توسعه سطح ریشه برای جذب نیتروژن از خاک اشاره نمود که موجب بالا رفتن میزان نیتروژن در دانه گیاه شده است. مستاجران و همکاران (۱۳۸۴) در پژوهشی عنوان داشتند تلقیح گندم با آزوسپیریلوم منجر به افزایش عملکرد و محتوای پروتئین دانه می‌شود. بیاری و همکاران (۱۳۸۶) افزایش نیتروژن دانه ذرت را در اثر کاربرد کودهای زیستی باکتریایی گزارش کردند. بیاری و همکاران (۱۳۸۶) گزارش کردند که تلقیح ذرت با باکتری‌های محرک رشد (ازتوباکتر و آزوسپیریلوم) سبب افزایش معنی‌داری مقدار نیتروژن و فسفر در مقایسه با شاهد شد. آنان بیان کردند که نتایج به دست آمده می‌تواند ناشی از اثر کاربرد باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن باشد که با تولید مقادیر مناسب مواد تنظیم کننده رشد گیاه مانند اکسین، جیبرلین و سیتوکینین ظرفیت ریشه‌زایی گیاه و جذب مواد غذایی از خاک را بهبود بخشیده و در نتیجه میزان نیتروژن و فسفر را افزایش داده است. با توجه به اینکه آزوسپیریلوم جزء باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن می‌باشد، احتمالا یکی از دلایل افزایش میزان نیتروژن با تلقیح باکتری آزوسپیریلوم، تثبیت نیتروژن توسط این باکتری می-باشد. نانو آهن بر میزان پروتئین دانه اثر مثبتی نشان داد و به طور کلی سبب بهبود این صفت گردید، و حداکثر پروتئین دانه در تیمار محلول‌پاشی نانو کلات آهن مشاهده شد و نسبت به شاهد ۲۱/۸۴ درصد افزایش نشان داد (جدول ۴-۶). شکل ۴-۹ نشان می‌دهد که کودهای زیستی به همراه محلول پاشی نانو کلات آهن، میزان پروتئین دانه افزوده شد. پس می‌توان چنین استباط کرد که نانو آهن و به طور کلی عناصر ریز مغذی از فاکتورهای موثر بر پروتئین دانه هستند به طوری که تحقیقاتی که توسط بیگی و همکاران (۱۳۸۹) گزارش شد که با افزایش محلول پاشی کود آهن،

عملکرد دانه و پروتئین دانه گیاه سویا به طوری معنی داری افزایش داشت. از آنجایی که عنصرآهن، یکی از مهم‌ترین عناصری است که در متابولیسم نیتروژن و در نتیجه افزایش سطح برگ گیاه نقش دارد (تیواری و همکاران، ۲۰۰۵). پس می‌توان انتظار داشت که با اعمال تیمار آهن در گیاهانی که علائم کمبود این عنصر را نشان می‌دهند، پروتئین سازی افزایش یابد. نتایج بدست آمده از تحقیقات مختلف نشان می‌دهد عناصر غذایی از فاکتورهای مؤثر بر پروتئین دانه هستند به طوری که با بررسی اثر محلول‌پاشی عناصر کم مصرف منگنز، آهن، مولیبدن و منیزیم بر روی گیاه بادام زمینی مشاهده شد که آهن باعث افزایش مقدار پروتئین گردید (رودونی، ۲۰۰۰). اثر آهن در پروتئین دانه به این دلیل است که آهن در فرآیندهای اکسیداسیون و احیا با تغییر ظرفیت سبب انتقال الکترون می‌شود. وجود آهن در سنتز پروتئین لازم است و از آنجایی که نقش عمده آهن سنتز پروتئین ها همراه کلروفیل است کمبود آن سبب از کار افتادن کلروفیل می‌شود (رودونی، ۲۰۰۰).



شکل ۴-۲۰- اثر متقابل کودهای زیستی و کلات آهن بر پروتئین دانه

جمع بندی، نتیجه گیری و ارائه

پیشنهادات

نتیجه گیری:

نتایج به دست آمده در این تحقیق نشان داد کودهای زیستی و کلات آهن بر روی برخی خصوصیات کمی و کیفی ذرت بسیار موثر بوده است. کاربرد کودهای زیستی مختلف و کلات آهن، هم به صورت نانو هم به صورت کلات آهن معمولی بر فرآیندهای فیزیولوژیک گیاه تاثیر متفاوتی می-گذارد. به طورکلی کاربرد کود زیستی تاثیر مثبتی بر خصوصیات کمی گیاه گذاشت در این بین باکتری آزوسپیریلوم بیشترین تاثیر را در افزایش عملکرد دانه و تیمار عدم تلقیح، کمترین تاثیر را از خود نشان داد. نتایج به دست آمده از این تحقیق نشان می‌دهد در بین فاکتور کلات آهن، تیمار محلول‌پاشی کلات آهن بیشترین اثر مثبت را بر خصوصیات کمی و کیفی ذرت دارد که این به دلیل اثر مثبت آهن و جذب بهتر ذرات نانو می‌باشد. به طور کلی این شرایط بر صفات کلروفیلa، کلروفیلb و برخی صفات مورفولوژیکی مشاهده می‌شود. همچنین نتایج حاکی از آن است که پروتئین دانه در ترکیب تیماری آزوسپیریلوم به همراه محلول‌پاشی نانو کلات آهن، بیشترین میزان را به خود اختصاص داد که این نشان دهنده‌ی نقش عمده آهن در سنتز پروتئین‌ها به همراه کلروفیل است و کمبود آهن سبب کاهش کلروفیل در گیاه می‌شود. در محلول‌پاشی نانو کلات آهن به همراه تلقیح با باکتری آزوسپیریلوم بیشترین میزان فعالیت آنزیم گایاکول پرواکسیدار مشاهده شد. با توجه به این تحقیق و اثرات کلات آهن و کود زیستی در مقدار آهن دانه و برگ بیشترین میزان آهن در ترکیب تیماری محلول‌پاشی نانو کلات آهن به همراه تلقیح با باکتری آزوسپیریلوم مشاهده شد که

این افزایش ناشی از جذب آسان‌تر و سریع‌تر آهن توسط اندام‌های هوایی در روش محلول‌پاشی در مقایسه با روش خاک مصرف و همچنین افزایش در میزان جذب عناصر به واسطه‌ی تولید اسیدهای آلی توسط گیاهان و باکتری‌های محرک رشد در ریزوسفر، که موجب کاهش pH محلول خاک و در نتیجه افزایش دسترسی به عناصر معدنی نظیر آهن می‌باشد.

پیشنهادها :

۱- برای حصول اطمینان از نتایج به دست آمده در این تحقیق توصیه می‌شود این آزمایش در مناطق مختلف و طی دو سال اجرا گردد.

۲- بررسی اثر متقابل باکتری‌های به کار گرفته شده با سایر میکروارگانیسم‌های محرک رشد

۳- تحقیق بر روی خصوصیات فیزیولوژیکی باکتری‌های مورد آزمایش و تعیین ارتباط آن‌ها با ویژگی-های رشدی گیاه میزبان

۴- مطالعه و بررسی تاثیر نوع و مقدار کود آهن مورد استفاده در ذرت، بر نحوه فعالیت باکتری‌های محرک رشد در خاک

۵- تاثیر باکتری‌های ازتوباکتر و آزوسپیرویلوم و کاربرد توام آنها بر روی ارقام بیشتری مورد بررسی قرار گیرد.

۶- استفاده از سویه‌های مختلف باکتری ازتوباکتر و آزوسپیریلوم بر روی ذرت به منظور انتخاب بهترین سویه برای این منطقه.

۷- از آن جایی که خاک محل آزمایش دارای pH بالا بود (pH=۷/۵)، اصولا انتظار می‌رود کمبود عناصر غذایی خصوصا عناصر کم مصرف از جمله آهن رسوب نموده، پس پیشنهاد می‌شود با نتایج آزمون خاک، بهتر است استفاده از نانو کود آهن و یا کود کلات آهن معمولی به صورت محلول‌پاشی برای کاشت گیاهان مختلف در این منطقه انجام شود.

۸- پیشنهاد می‌شود نانو کلات آهن علاوه بر شیوه مصرف، در غلظت‌های مختلف مورد آزمایش قرار گیرد.

۹- ذرات نانو به دلیل جذب بهتر در گیاهان و سرعت جذب بالاتر آن‌ها، پیشنهاد می‌شود از ذرات نانو دیگر در شرایط متفاوت بر روی گیاه ذرت بررسی شود.

پیوست‌ها

جدول۴-۱- نتایج تجزیه واریانس تیمارهای مورد مطالعه بر ارتفاع بوته، تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف، عملکرد دانه ، عملکرد بیولوژیک، وزن خشک ساقه

منبع تغیرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعدلد ردیف در بلال	تعداد دانه در ردیف	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	وزن خشک ساقه
تکرار	۲	۰/۰۸۲**	۱/۵۳ns	۷۵/۸۰ns	۴۱۲۵/۹۶*	۲۷۲۶/۹۱ns	۹۷۶۱/۵۰ ns	۱۲۲۰۲/۶۸ns
کود زیستی(F)	۲	۰/۰۲۳ns	۰/۳۰۸ns	۱۱/۴۴ns	۱۳۲۴/۱۵ns	۲۳۵۸۱/۳۱*	۱۳۶۴۶۷/۵۹*	۸۴۵۴/۴۰*
کاریرد آهن(N)	۴	۰/۰۳۷*	۲/۸۶۰*	۱۰۵/۶۲*	۸۸۸۸/۱۳**	۹۸۵۴۱/۳۱**	۱۸۹۶۹۷/۲۴**	۲۲۶۱/۶۲ns
F*N	۸	۰/۰۰۸ns	۰/۹۱۹ns	۳۸/۶۳ns	۲۱۹۳/۲۰ns	۱۶۴۸۵/۶۷*	۱۵۸۰۵/۴۳ns	۱۱۱۷/۷۶ns
خطای آزمایش	۲۸	۰/۰۱۱	۰/۷۸۵	۳۸/۹۲	۱۲۱۳/۶۹	۷۴۴۴/۴۶	۳۵۵۱۸/۲۴	۲۶۰۸/۳۸
ضریب تغیرات	-	۷/۴۷	۶/۸۰	۲۴/۹۰	۱۸/۱۴	۲۱/۵۹	۱۶/۸۲	۲۲/۲۸

ns، * و ** بترتیب نشان دهنده ی معنی دار نبودن ، معنی داری در سطح احتمال پنج و یک درصد می باشند.

جدول۴-۲- مقایسه میانگین تیمارهای مورد مطالعه بر ارتفاع بوته، تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک

تیمار	سطوح تیمار	ارتفاع بوته (M)	تعداد ردیف در بلال	تعداد دانه در ردیف	وزن هزار دانه (gr)	عملکرد دانه ($g\ m^{-2}$)	عملکرد بیولوژیک ($g\ m^{-2}$)	وزن خشک ساقه
	شاهد(F1)	۱/۳۹a	۱۳/۱۹ a	۲۴/۲۶ a	۱۸۱/۲۴a	۳۷۲/۸۹b	۱۱۱۹/۵۴b	۲۰۲/۹۱b
کود زیستی	ازتوباکتر(F2)	۱/۴۴a	۱۲/۹۱ a	۲۴/۹۰ a	۱۹۸/۵۹ a	۳۸۰/۶۵ab	۱۲۴۴/۶۲ab	۲۳۵/۴۰ ab
	آزسپیرلیوم(F3)	۱/۴۷a	۱۲/۹۹ a	۲۵/۲۹ a	۱۹۶/۱۸ a	۴۴۵/۱۱a	۱۳۶۹/۹۳a	۲۴۹/۱۴a
	شاهد(N1)	۱/۳۵c	۱۲/۳۳ c	۲۱/۹۰b	۱۴۹/۰۷c	۳۴۰/۲۷bc	۹۹۱/۱۱b	۲۰۳/۷۴a
	آهن معمولی- خاک مصرف(N2)	۱/۳۸bc	۱۲/۵۸abc	۲۴/۲۵ b	۱۹۴/۱۳b	۳۳۸/۹۴bc	۱۱۶۰/۳۴b	۲۳۱/۶۶a
نانو کلات آهن	آهن معمولی- محلول پاشی(N3)	۱/۴۸ab	۱۳/۱۸abc	۲۶/۹۱ ab	۱۹۹/۴۶ b	۴۱۴/۸۳b	۱۲۴۹/۱۳b	۲۳۷/۱۶a
	نانو کلات-آهن- خاک مصرف(N4)	۱/۳۹bc	۱۳/۳۷ab	۲۳/۳۵ b	۱۸۱/۳۸bc	۳۲۷/۵۴C	۱۱۲۵/۶۷b	۲۲۷/۱۴a
	نانو کلات آهن- محلول پاشی(N5)	۱/۵۲a	۱۳/۶۹ a	۳۰/۸۳ a	۲۳۵/۹۸a	۵۷۶/۱۶a	۱۶۱۴/۶۷a	۲۴۶/۰۳a

درهرستون و هر تیمار حروف غیر مشترک اختلاف معنی داری با هم دارند.

جدول۴-۳- تجزیه واریانس تیمارهای مورد مطالعه بر رنگدانه‌های فتوسنتزی

منابع تغییر	درجه آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	کارتنوئید
تکرار	۲	۱۸۴/۲۳۷**	۹/۴۹۳**	۹/۹۱۷ **
کود زیستی (A)	۲	۱۸/۸۳۹**	۲/۰۵۷**	۲/۱۱۸*
کاربرد کود آهن (B)	۴	۷/۹۸۹*	۰/۷۱۹*	۰/۹۲۶ ns
A*B	۸	۴/۰۴۱ns	۰/۵۰۶ns	۰/۸۲۸ns
خطا	۲۸	۲/۵۱	۰/۲۵	۰/۷۳
ضریب تغییرات	-	۱۷/۸۱	۱۵/۸۷	۱۴/۸۹

جدول۴-۴- مقایسه میانگین تیمارهای مورد مطالعه بر رنگدانه‌های فتوسنتزی

تیمار	سطوح تیمار	کلروفیل a (میلی گرم در گرم وزن تر برگ)	کلروفیل b (میلی گرم در گرم وزن تر برگ)	کارتنوئید (میلی گرم در گرم وزن تر برگ)
کود زیستی	شاهد(F1)	۷/۸۷ b	۲/۸۳ b	۵/۳۹ b
	ازتوباکتر(F2)	۸/۷۱ b	۳/۲۰ab	۵/۷۵ ab
	آزسپیریلوم(F3)	۱۰/۰۹ a	۳/۵۸ a	۶/۱۴ a
نانو کلات آهن	صفر(N1)	۷/۵۳c	۲/۹۲ c	۵/۷۰ a
	آهن معمولی-خاک مصرف(N2)	۹/۴۷ ab	۳/۴۴ ab	۶/۰۳ a
	آهن معمولی-محلول پاشی(N3)	۸/۴۰bc	۳/۰۰bc	۵/۷۳ a
	نانو کلات-آهن-خاک مصرف(N4)	۹/۱۱ ab	۳/۱۰ abc	۵/۲۷ a
	نانو کلات آهن-محلول پاشی(N5)	۹/۹۳ a	۳/۵۷ a	۶/۰۷ a

جدول۴-۵- نتایج تجزیه واریانس تیمارهای مورد مطالعه بر میزان عناصر کم مصرف و پر مصرف در دانه و برگ

منابع تغییر	درجه آزادی	دانه			برگ		
		P	Fe	K	P	Fe	K
تکرار	۲	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۸ns	۱۱/۴۳۸**	۰/۰۰۲۳ns	۰/۰۰۰۱**	۴/۴۷۲ns
کود زیستی (F)	۲	۰/۰۰۰۰۹ns	۰/۱۴۷ns	۰/۳۰۲ns	۰/۰۰۰۰۴ns	۰/۰۰۵۴ns	۴/۴۷۴ns
کاربرد کود آهن (N)	۴	۰/۰۰۱*	۱۹/۴۷۳**	۴/۴۵۷*	۰/۰۰۳۱ns	۰/۰۲۱**	۱۶/۶۳۵*
F*N	۸	۰/۰۰۰۲ns	۰/۷۵۳**	۲/۰۸۷ns	۰/۰۰۱۱ns	۰/۰۱۹۳**	۹/۱۱۴ns
خطا	۲۸	۰/۰۰۰۳	۰/۱۰۷	۱/۴۹۵	۰/۰۰۲۴	۰/۰۰۴	۵/۹۱۴
ضریب تغییرات	-	۱/۷۶	۸/۳۲	۱۹/۴۹	۵/۸۱	۱۳/۳۴	۱۰/۳۶

ns ، * و ** بترتیب نشان دهنده ی معنی دار نبودن ، معنی داری در سطح احتمال پنج و یک درصد می باشند.

جدول۴-۶- مقایسه میانگین تیمارهای مورد مطالعه بر میزان عناصر کم مصرف و پر مصرف در دانه و برگ

تیمار	سطوح تیمار	فسفر دانه (میلی گرم در ماده خشک)	آهن دانه (ppm)	پتاسیم دانه (٪)	فسفر برگ (٪)	آهن برگ (ppm)	پتاسیم برگ (٪)
	شاهد(F1)	۱/۰۹۶a	۳/۹۹a	۶/۱۲a	۰/۸۵a	۰/۵۳a	۲۳/۹۶a
کود زیستی	ازتوباکتر(F2)	۱/۰۹۲a	۳/۹۹a	۶/۴۰a	۰/۸۵a	۰/۵۱a	۲۳/۵۹a
	آزسپیرلیوم(F3)	۱/۰۹۱a	۳/۸۲a	۶/۳۰a	۰/۸۶a	۰/۴۹a	۲۲/۹۰a
	شاهد(N1)	۱/۰۸۴b	۲/۸۳c	۶/۰۶ ab	۰/۸۶a	۰/۴۶b	۲۲/۶۶ab
	آهن معمولی- خاک مصرف(N2)	۱/۰۹۴ ab	۲/۸۶c	۶/۷۶a	۰/۸۴a	۰/۵۵a	۲۴/۹۰a
نانو کلات آهن	آهن معمولی- محلول پاشی(N3)	۱/۰۹۷ ab	۴/۹۱b	۶/۰۰ ab	۰/۸۸a	۰/۵۳a	۲۲/۳۶b
	نانو کلات-آهن- خاک مصرف(N4)	۱/۰۸۰b	۳/۰۲c	۷/۱۶a	۰/۸۴a	۰/۴۵b	۲۵/۰۰a
	نانو کلات آهن- محلول پاشی(N5)	۱/۱۰۶a	۶/۰۵a	۵/۳۶b	۰/۸۶a	۰/۵۵a	۲۲/۴۰b

درهرستون و هر تیمار حروف غیر مشترک اختلاف معنی داری با هم دارند.

جدول۴-۷ – نتایج تجزیه واریانس تیمارهای مورد مطالعه بر میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی و پروتئین دانه

منابع تغییر	درجه آزادی	کاتالاز (CAT)	گایاکول پراکسیداز (GPX)	اسکوربات پراکسیداز (APX)	پروتئین دانه
تکرار	۲	۰/۰۸۹**	۰/۰۰۲۹ *	۰/۰۰۵ *	۰/۱۷۹ ns
کود زیستی (A)	۲	۰/۰۰۳ ns	۰/۰۰۲۲ *	۰/۰۰۲ ns	۰/۰۱۶ ns
کاربرد کود آهن (B)	۴	۰/۰۰۳ ns	۰/۰۰۱۸ *	۰/۰۰۰۷ ns	۰/۱۲۷ *
A*B	۸	۰/۰۰۶ ns	۰/۰۰۱۴ *	۰/۰۰۶۱ **	۰/۰۹۲ *
خطا	۲۸	۰/۰۰۴	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۱	۰/۰۵۱
ضریب تغییرات(CV)	-	۱۷/۳۷	۱۶/۰۷	۱۴/۹۸	۱۴/۶۹

ns ، * و ** بترتیب نشان دهنده ی معنی دار نبودن ، معنی داری در سطح احتمال پنج و یک درصد می باشند.

جدول۴-۸- مقایسه میانگین تیمارهای مورد مطالعه بر میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانی و پروتئین دانه

تیمار	سطوح تیمار	کاتالاز (CAT)	گایاکول پراکسیداز (GPX)	اسکوربات پراکسیداز (APX)	پروتئین دانه (درصد)
کود زیستی	شاهد(F1)	۰/۴۱۵a	۰/۱۳۴b	۰/۲۲۹a	۹/۴۳ a
	ازتوباکتر(F2)	۰/ ۳۹۲a	۰/۱۵۲ ab	۰/۲۱۱ ab	۹/۶۲ a
	آزسپیرلیوم(F3)	۰/۳۸۹a	۰/۱۵۸ a	۰/۲۰۳b	۹/۸۱ a
نانو کلات آهن	شاهد(N1)	۰/۴۲۴a	۰/۱۳۸b	۰/۲۱۵a	۸/۵۶c
	آهن معمولی- خاک مصرف(N2)	۰/۴۱۳a	۰/۱۴۵b	۰/۲۰۰a	۹/۸۱ab
	آهن معمولی- محلول پاشی(N3)	۰/۳۷۵a	۰/۱۳۸ b	۰/۲۱۵a	۱۰/۰۶ab
	نانو کلات-آهن- خاک مصرف(N4)	۰/۳۸۷a	۰/۱۴۴b	۰/۲۱۶a	۹/۲۵ cb
	نانو کلات آهن- محلول پاشی(N5)	۰/۳۹۴a	۰/۱۷۳a	۰/۲۲۵a	۱۰/۴۳a

درهرستون و هر تیمار حروف غیر مشترک اختلاف معنی داری با هم دارند.

منابع

منابع مورد استفاده:

اسدی رحمانی، ه.، خسروی، ه.، علیپور، ز. و ملکوتی، م. ج. ۱۳۸۳. نقش باکتری‌های محرک رشد (PGPR) در رشد و سلامت گیاه، نشریه شماره ۳۰۹. انتشارات سنا، تهران، ایران.

امام، ی. و ثقه السلام ، م.ج. ۱۳۸۴. گیاهان زراعی، فیزیولوژی و فرآیند ها. انتشارات دانشگاه شیراز. ۵۹۳ صفحه.

ایران‌نژاد، ح. و شهبازیان، ن. ۱۳۸۱. زراعت غلات، جلد دوم، انتشارات کارند.

بیکی، ا.، نصری، م.، اویسی، م و طریق اسلامی، م. ۱۳۸۹. بررسی اثر تنش خشکی و محلول-پاشی کود آهن در مرحله گلدهی بر میزان عملکرد دانه، پروتئین و روغن دانه در گیاه سویا. چکیده مقالات همایش ملی دستاوردهای نوین در تولید گیاهان با منشاء روغنی.

بیاری، آ.، غلامی، آ. و اسدی رحمانی، ه. ۱۳۸۶. تولید پایدار و بهبود جذب عناصر غذایی ذرت در عکس‌العمل به تلقیح بذر توسط باکتری‌های محرک رشد. خلاصه مقالات دومین همایش ملی کشاورزی بوم شناختی ایران، ۲۵ و ۲۶ مهرماه ۱۳۸۶، گرگان. صفحه ۸.

بی نام. ۱۳۸۸. فناوری نانو در کشاورزی. مجله کشاورزی و صنعت. ۱۱۴ :۵۴-۶۵.

پهلوانی راد، م.، کیخا، غ . و ناورئی راد، م.ر. ۱۳۸۷. تاثیر کاربرد روی، آهن و منگنز بر عملکرد، اجزای عملکرد، غلظت و جذب عناصر غذایی در دانه گندم. مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی، شماره ۱۵۵-۱۲۰.

تاجبخش، م. ۱۳۷۵. ذرت: زراعت، اصلاح نباتات، آفات و بیماری های آن. نشر احرار، تبریز. ۱۳۱صفحه.

توحیدی مقدم، ح. ر.، نصری، م.، زاهدی، ح.، حمیدی، آ. و شرقی، ی. ۱۳۸۶.کاربرد مقادیر مطلوب کود فسفر شیمیایی با کاربرد باکتری های حل کننده فسفات در ارقام دانه ای ذرت. دومین همایش ملی کشاورزی بوم شناختی ایران. گرگان. صفحه ۹۴.

حاجی بلند، ر.، علی اصغر زاده، ن. و مهرفر، ز. ۱۳۸۵. بررسی اکولوژیکی ازتوباکتر در دو منطقه مرتعی آذربایجان و اثر تلقیح آن روی رشد و تغذیه معدنی گیاه گندم، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۸(۲): ۹۰-۷۵.

حسن زاده، ا.، د. مظاهری، م .ر .، چایی چی، م و خاوازی، ک. ۱۳۸۶. کارایی مصرف باکتری های تسهیل کننده جذب فسفر بر عملکرد و اجزاء عملکرد جو. مجله پژوهش و سازندگی ویژه زراعت و باغبانی. ۷۷: ۱۱۸-۱۱۱.

حاجیلو، م.، سلیمی، ح.، اصغری، ح،ر. و خاوازای، ک. ۱۳۸۹. استفاده از باکتری های محرک رشد گیاه به عنوان کود زیستی در جهت پایداری اکوسیستم های زراعی. اولین کنگره چالشهای کود در ایران : نیم قرن مصرف کود ، تهران هتل المپیک .

حقیقت نیا، ج. و رجایی، م. ۱۳۸۲. بررسی تأثیر میزان و روش مصرف عناصر کم مصرف بر عملکرد کلزا .هشتمین کنگره علوم خاک ایران. گیلان .صفحه ۲۵۹-۲۵۴.

خدابنده، ن. ۱۳۸۷. زراعت غلات. چاپ نهم. انتشارات دانشگاه تهران، تهران.

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

خسروی، ه. ۱۳۸۲. کاربرد کودهای بیولوژیک در زراعت غلات. مجموعه مقالات ضرورت تولید کودهای بیولوژیک در کشور. موسسه تحقیقات خاک و آب کشور. صفحه ۱۷۹ تا ۱۹۴.

خسروی، ه . ۱۳۷۶. بررسی فراوانی و انتشار ازتوباکتر کروکوکوم در خاک‌های زراعی استان تهران و مطالعه برخی از خصوصیات فیزیولوژیک آن، پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تهران. ۱۱۱ صفحه .

خلیلی محله، ج. و رشیدی، م. ۱۳۸۷. اثر محلول‌پاشی عناصر کم مصرف بر خصوصیات کمی و کیفی ذرت سیلویی در خوی. مجله نهال و بذر. ۴۰۵ (۵۵): ۵۶۱-۵۳۹.

خلیلی محله، ج . و رشیدی، م .ج. ۱۳۸۶. اثرات محلول‌پاشی عناصر کم مصرف بر عملکرد و اجزا عملکرد ذرت دانه ای . علوم کشاورزی. ۱۳: ۴۵۳-۴۶۵

خیام نکویی، س.م.، شریف نسب، ح.، احمدی صومعه، ک.، برخی، م. و مؤمنی، ر. ۱۳۸۸. نگاهی به فناوری نانو در وزارت جهاد کشاورزی. ویرایش دوم. نشر آموزش کشاورزی.

دلفانی، م. ۱۳۹۰. تاثیر محلول‌پاشی نانو ذره آهن و منیزیم بر برخی خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک لوبیا چشم بلبلی. پایان نامه ارشد. دانشگاه صنعتی شاهرود. ۱۶۳ صفحه.

دلگشا، م. ۱۳۹۳. مقایسه اثر کودهای بیولوژیک و شیمیایی بر روند رشد و عملکرد و اجزای عملکرد ذرت. پایان نامه ارشد. دانشگاه پیام نور واحد کرج. صفحه ۲۲-۲۴.

ذبیحی، ح .ر.، ثواقبی، غ.ر.، خاوازی، ک. و گنجعلی، ع. ۱۳۸۸. بررسی تاثیر کاربرد سویه هایی از سودوموناس های فلوروسنت بر عملکرد و اجزای عمکلرد گندم در سطوح مختلف شوری خاک . مجله آب و خاک. ۱(۲۳): ۲۰۸-۱۹۹.

رحیمی‌زاده، م.، کاشانی، ع.، زارع فیض آبادی، آ.، مدنی، ح. و سلطانی، آ. ۱۳۸۹. تاثیر کود ریزمغذی بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان تحت شرایط تنش خشکی. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. جلد سوم. شماره اول. صفحه ۵۷-۷۲.

رحیمی،م. و مظاهری، د. ۱۳۷۸. واکنش مورفولوژیکی و عملکرد ذرت نسبت به ترکیبات شیمیایی آهن و مس، پژوهش و سازندگی. ۷۸: ۹۶-۱۰۰.

راشد محصل، م. ح.، حسینی، م.، عبدی، م. و ملا میلابی، ع. ۱۳۸۰. زراعت غلات (ترجمه). چاپ دوم. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

راشد محصل، م. ح.، حسینی، م.، عبدی، م. و ملا میلابی، ع. ۱۳۷۶. زراعت غلات (ترجمه)، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۰۶ صفحه.

رزازی، ک.، لبافی، م.ر.، مهرابی، ز.، نظران، م. ح. و خلج، ح. ۱۳۸۹. تاثیر نانو کود کلاته آهن بر عملکرد زعفران .(*Crocus sativus L*). یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. پژوهشکده علوم محیطی. دانشگاه شهید بهشتی تهران.

رضایی، ر.، حسینی، س. م.، شعبانعلی فمی، ح. و صفا، ل. ۱۳۸۸. شناسایی و تحلیل موانع توسعه ی فناوری نانو در بخش کشاورزی ایران از دیدگاه محققان. فصلنامه علمی-پژوهشی سیاست علم و فناوری. ۲(۱): ۱۷ – ۲۶.

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

رسولی صدقیانی، م ،ح . ۱۳۸۴. بررسی نقش فیتوسیدروفورها و سودوموناسهای تولیدکننده سیدروفور در تامین آهن و روی موردنیاز ارقام گندم. رساله دکتری خاکشناسی، گروه خاکشناسی. دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس .

رمرودی، م.، کیخازاله، م. گلوی، م. ثقه الاسلامی، ف. و برادران، ر. ۱۳۹۲. اثر محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی و رژیم‌های آبیاری بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی اسفرزه. نشریه بوم‌شناسی کشاورزی. ۹ (۲): ۲۲۶-۲۱۹.

رمضانیان ،ع. ۱۳۸۴. معرفی باکتریهای ریزوبیومی به عنوان عوامل محرک رشد گیاه (PGPR) . مقالات اولین همایش ملّی حبوبات. پژوهشکدهٔ علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد.

زهرائی، ن.ا. ۱۳۷۲. ویتامین‌ها. (ترجمه). انتشارات گلشن، تهران، ایران.

ساجدی، ن.ع.، اردکانی م.ر و جعفر زاده، م. ج. ۱۳۸۵. بررسی تأثیر سطوح مختلف نیتروژن، آهن و روی بر رشد و جذب عناصر غذایی و درصد پروتئین توسط ذرت علوفه ای رقم سینگل کراس ۷۰۴ در استان مرکزی. نهمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران .دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه تهران.

سلیمانی، ع.، فیروزی، م. و نارنجانی، ل. ۱۳۹۰. تاثیر محلول پاشی عناصر کم مصرف بر برخی از شاخص های فیزیولوژیکی موثر رشد و عملکرد ماده خشک گیاه ذرت علوفه ای. پژوهش های زراعی ایران. ۳۰۹: ۲۴۷-۳۴۰.

صابری، ع.، فیض بخش، م .ت.، مختارپور، ج.، مساوات، ا. و عسکری، م. ۱۳۸۹. اثر تراکم بوته و آرایش کاشت بر روی عملکرد دانه ذرت دانه ای رقم سینگل کراس۷۰۴ . نهال و بذر.۲۶(۲): ۱۳۶-۱۲۳.

صالح راستین، ن. ۱۳۸۰. "کود های بیولوژیک و نقش آن در راستای نیل به کشاورزی پایدار"مجله علوم خاک وآب. ویژه نامه کود های بیولوژیک.

صفیان، ن.، نادری م.، شمس م.، و دارخال، ه. ۱۳۹۰. بررسی تغذیه برگی عناصر میکرو بر رشد و عملکرد ذرت دانه ای رقم سینگل کراس ۳۰۲ در منطقه اصفهان. اولین همایش مباحث نوین در کشاورزی.

ضیائیان، ع. ح. ۱۳۸۲. استفاده از عناصر کم مصرف در کشاورزی.انتشارات آموزش کشاورزی. صفحه ۲۰۷-۱۹۹.

ضیائیان، ع. ۱۳۸۲. استفاده از عناصر کم مصرف در کشاورزی .وزارت جهاد کشاورزی .سازمان تحقیقات و آموزش کشاورزی، معاونت آموزش و تجهیز نیروی انسانی .نشر آموزش کشاورزی. ۲۰۷ صفحه.

ضیائیان، ع. و ملکوتی، م. ج. ۱۳۸۰. بررسی اثرات کودهای محتوی عناصر ریز مغذی و زمان مصرف آنها در افزایش تولید ذرت. مجله علمی پژوهشی خاک و آب. جلد ۱۲ . شماره ۱ . موسسه تحقیقات خاک و آب ، تهران ، ایران.

ضیائیان، ع.، لطف الهی، م. و ملکوتی، م،ج. ۱۳۸۰. نقش مدیریت مصرف بهینه کود در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت ذرت دانه ای در کشور. خاک و آب ، جلد ۱۲، شماره ۱۴. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی.

عرب، س. م.، اکبری غ .ع.، علیخانی، ح.، ارزانش م.ح و الله دادی، ا. ۱۳۸۷. بررسی توانایی تولید اکسین توسط باکتری های جداسازی شده بومی جنس آزوسپیریلوم و ارزیابی اثرات افزاینده رشدی جدایه برتر گیاه ذرت شیرین. مجله پژوهش های زراعی ایران. ۶(۲): ۲۲۵-۲۱۷.

عطایی، م. ۱۳۹۰. نگرشی بر کاربرد فناوری نانو در حیطه علوم کشاورزی. همایش ملی ایده‌های نو در کشاورزی.

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

غیبی، م،ن. و ملکوتی، م،ج. ۱۳۷۸. ضرورت مصرف بهینه کود برای افزایش عملکرد و بهبود کیفی ذرت دانه ای. نشریه شماره ۴۴ . نشر آموزش کشاورزی و سازمان تحقیقات ، آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه تحقیقات خاک و آب.

فلاحی، ج.، کوچکی، ع. و رضوانی مقدم، پ. ۱۳۸۸. بررسی تاثیر کودهای بیولوژیک بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی بابونه آلمانی *(Matricaria chamomilla)*. مجله پژوهش‌های زراعی ایران. ۱: ۱۳۵-۱۲۷.

کافی، م.، لاهوتی، م.، زند، ا.، شریفی، ح.ر. و گلدانی، م. ۱۳۸۳. فیزیولوژی گیاهی(ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد .۴۵۶ صفحه.

کافی، م. و مهدوی دامغانی، ا. ۱۳۷۹. مکانیسم‌های مقاومت گیاهان به تنش خشکی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۴۶۷ صفحه.

کامکار، ب. و مهدوی دامغانی، ع. ۱۳۸۷. مبانی کشاورزی پایدار، چاپ اول، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد، ص ۳۱۳.

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

کاظمی اربط، ح. ۱۳۷۸. زراعت خصوصی غلات، انتشارات مرکز نشر دانشگاهی، تهران.

کاظمی اربط ، ح. ۱۳۷۴. زراعت خصوصی . مرکز نشر دانشگاهی .

کوچکی، ع.، حسینی، م. و خزاعی، ح.م. ۱۳۷۶. نظام‌های کشاورزی پایدار، چاپ دوم، جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد، ۱۶۲ صفحه.

کیخا، غ. ح.، فنایی، م.، پل شکن، ع.، اکبری مقدم و سراوانی، ف. ۱۳۸۴. بررسی اثرات محلول پاشی عناصر روی بر و آهن بر عملکرد کمی و کیفی کلزا.نهمین کنگره علوم خاک ایران . تهران . ۱۵۳-۱۴۹.

گمرکی، ح. و گلوی، م. ۱۳۹۱. ارزیابی محلول‌پاشی عناصر ریز مغذی آهن، بر و روی بر ویژگی‌های کمی و کیفی گلرنگ. نشریه بوم شناسی کشاورزی ۴: ۲۰۱-۲۰۶.

مجنون حسینی، ن. ۱۳۸۵. زراعت غلات، انتشارات نقش مهر، تهران.

مجیدی دیزج، ح.، محمدزاده، آ.، مقدم، ح.، مجنون حسینی، ن. و بقائی، ن. ۱۳۹۰. بررسی تاثیر نانو کود کلاته آهن بر عملکرد و اجزاء عملکرد لوبیا چیتی. دوازدهمین کنگره علوم خاک ایران (حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه). تبریز، ۱۲ الی ۱۴ شهریور. صفحه ۱تا ۵.

محمد خانی، ا. و روزبهانی، ا. ۱۳۹۴ . مدیریت مصرف کود ورمی کمپوست و نانو کود آهن در بهبود عملکرد ذرت دانه ای. مجله اکوفیزیولوژی گیاهی.۲۳: ۱۳۱-۱۲۳.

محمدزاده، آ.، مجیدی، ح.، مجنون حسینی، ن. و بقایی، ن. ۱۳۹۰. بررسی تاثیر نانو کلات آهن بر عملکرد و اجزا عملکرد لوبیا چیتی. دومین کنفرانس ملی فیزیولوژی گیاهی ایران. ۸-۹ اردیبهشت ماه دانشگاه یزد. ۴۵۰ صفحه.

مرادی زاده زواره، م. ۱۳۹۰. تأثیر نانو کلات آهن بر خصوصیات کمی و کیفی آفتابگردان. پایان نامه کارشناسی ارشد. رشته زراعت. دانشگاه آزاد واحد میبد.

مرشدی، الف. ۱۳۷۹. بررسی اثر محلول پاشی آهن و روی بر عملکرد خواص کیفی و غنی سازی دانه های کلزا. پایان نامه کارشناسی ارشد خاکشناسی ، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس. ۸۹ صفحه.

مرشدی، الف. رضایی، ح. و ملکوتی، م.ج. ۱۳۷۹. چگونگی تأمین نیاز غذایی دانه های روغنی وزارت کشاورزی . سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه آب و خاک. نشریه فنی آموزش کشاورزی ، شماره۱۱۵.

مستأجران، ا.، عموآقائی، ر. و امتیازی، گ. ۱۳۸۴. اثر آزوسپیریلوم و اسیدیته قلیائی آب آبیاری بر عملکرد دانه و میزان پروتئین ارقام زراعی گندم. مجله زیست شناسی ایران. ۱۸(۳). ۲۶۰-۲۴۸.

مسلمی، ز. ۱۳۸۹. بررسی تاثیر پلیمر سوپر جاذب و باکتر یهای محرک رشد (PGPR) بر عملکرد و اجزاء عملکرد، عملکرد علوفه و برخی صفات بیوشیمیایی و فیزیولوژ کیی ذرت علوفه ای. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج.

مظاهری نیا ، س.، استارایی، ع.، فتوت، ا. و منشی، آ. ۱۳۸۹. بررسی اثر مصرف اکسید آهن (نانو و معمولی) همراه با کمپوست گرانوله گوگردی بر غلظت آهن و رشد گیاه گندم رقم آتیلا. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. جلد ۶. شماره ۶۲۲-۶۸۱.

ملکوتی، م. ۱۳۷۹. نقش ریز مغذی‌ها در افزایش تولیدات کشاورزی در ایران. نشریه فنی شماره ۷۰، نشر آموزش کشاورزی، سازمان تات. صفحه ۱۲۳-۱۴۴.

ملکوتی، م.ج. و غیبی، م. ۱۳۷۸. تعیین حد بحرانی عناصر غذایی محصولات استراتژیک و توصیه صحیح کود در کشور. چاپ دوم، نشر آموزش کشاورزی. کرج. ۹۲ صفحه.

ملکوتی، م. ج.، و طهرانی، م. ۱۳۷۸. نقش ریز مغذی ها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات، عناصر خرد با تأثیر کلان . انتشارات دانشگاه تربیت مدرس ۲۹۹ صفحه.

ملکوتی، م. ج.، و طهرانی، م. ۱۳۸۴. نقش ریز مغذی‌ها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس ، تهران.

-**ملکوتی، م.ج. و طهرانی، م. ۱۳۷۹.** نقش ریزمغذیها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس.۲۹۹ صفحه.

ملکوتی، م.ج. و غیبی، م.ن. ۱۳۸۲. ضرورت مصرف بهینه کود برای افزایش عملکرد و بهبود کیفی ذرت دانه ای. مجموعه مقالات اصول تغذیه و ذرت. دفتر نباتات علوفه ای. صفحه ۵۷ تا ۷۰.

میرمحمدی میبدی، س. ع. م و قره یاضی، ب. ۱۳۸۱. جنبه‌های فیزیولوژیکی و به نژادی تنش شوری گیاهان زراعی. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان.

نادری، م، ر. و دانش شهرکی، ع. ۱۳۹۰. کاربرد فناوری نانو در بهینه سازی فرمومسیون کودهای شیمیایی .ماهنامه فناوری نانو . ۱۰ (۴): ۲۳-۲۱.

نظران، م.ح.، خلج، ح.، لبافی حسین آبادی، م.ر.، شمس آبادی، م و رزازی، ع. ۱۳۸۸. بررسی اثر محلول‌پاشی نانوکود آلی کلات آهن بر خصوصیات کمی و کیفی گندم دیم .چکیده مقامت دومین همایش ملی کاربرد نانوتکنولوژی در کشاورزی. سالن همایشهای موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر. کرج. ۱۸-۱۲ مهر.

نصیری محلاتی، م.، کوچکی، ع. رضوانی، پ. و بهشتی، ع. ۱۳۸۶. اگرواکولوژی، جهاد دانشگاهی مشهد، مشهد، ۴۶۰ صفحه.

نورمحمدی، ق.، سیادت، ع و کاشانی، ع. ۱۳۸۹. زراعت، جلد اول، چاپ نهم، انتشارات دانشگاه شهید چمران، اهواز. صفحات ۳۱۱ ، ۳۲۹ ، ۳۶۲ و ۳۸۲.

نورمحمدی، ق. ۱۳۷۷. زراعت غلات، انتشارات دانشگاه شهید چمران اهواز. ۳۵۹-۳۶۸.

نوابی، ف. و ملکوتی، م.ج. ۱۳۸۷. اثر تغذیه متعادل عناصر غذایی بر کمیت و کیفیت ذرت دانه ای،چکیده مقالات ششمین کنگره علوم وخاک ایران. صفحه ۳۱۹-۳۲۱.

آمار نامه کشاورزی. ۱۳۹۳. وزارت جهاد کشاورزی ، جلد اول محصولات زراعی و باغی (سال زراعی ۱۳۹۲-۹۳)، نشریه ۱۳۹۴، دفتر آمار و فن آوری اطلاعات و ارتباطات، معاونت برنامه ریزی و اقتصاد وزارت جهاد کشاورزی، تهران.

یزدانی، م.، پیردشتی، ه. و بهمنیار، م.ع. ۱۳۸۹. اثر تلقیح باکتری‌های حل کننده فسفر و محرک رشد بر کارایی مصرف کودهای ازته و فسفره در کشت ذرت سینگل کراس ۶۰۴. مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. ۳(۲): ۸۰-۶۵.

Abd EI Hadi, E.A.A. (1986). Effect of foliar fertilization in different crops under Egyption conditions. Plant Soil Sci. 22:126-141.

Alvareza, A., Sierra, M. A. and Lucena, J. J. (2002)."Reactivity of synthetic Fe chelates with soils and soil Components". Plant Soil. 241: 129-137.

Arnon, I. (1975). Mineral nutrition of maize. International Potash Institude, Bern Switzerland. Pp 1-33.

Ariano, S., Bartolomeo, D., Cristos, X. and Andras, M. (2005). Antioxidant defenses In Olive trees during drought stress: changes in activity of some antioxidant enzymes. Functional Plant Biology. 32: 45-53.

Bacilio, M., Rodríguez, H., Hernandezn M. and Bashan, Y. (2004). Mitigation of salt stress in wheat seedlings by a gfp-tagged *Azospirillum lipoferum*. Biology Fertil Soil Journal 40:188-193.

Bashan, Y. and levanony, H. (1991). Alterations in membrane potential and in proton efflux in plant roots induced by *Azospirillum brasilense*. *Plant Soil*. 137:99-103**.**

Bashan, Y., Harison, S.K. and Whitmoyer, R.E. (1990). Enhanced Growth of Wheat and Soybean Plants Inoculated with Azospirillum brasilense Is Not Necessarily Due to General Enhancement of Mineral Uptake. Appl.Environ. Microbiol. 56:769-775.

Bashan, Y.G., Holguin, L.E. and Bashan, D. (2004). *Azospirillum*-plant relationships: physiological, molecular, agricultural and environmental advances. Canadian journal of Microbiology. 50: 521–577.

Baybordi, A. (2004). Effect of Fe, Mn, Zn and Cu on the quality and quantity of wheat under salinity stress. J. Water and Soil Sci. 17: 140-150. (In Persian)

Bienfait, H. F. (1992). "Some properties of ferric citrate relevant to the iron nutrition of plants≫. Plant Soil, 143, Germany: 141-144.

Bannister, J. V., Bannister, W. H. and Rotills, G. (1987). Aspect of the structure, function and application of superoxide dismutase. CRC Crit, Rev, Biochem. 22: 110-180.

Beregmann, W. (1992). Nutritional Disorders of Plants. Development, visual and analytical diagnosis. Gustav Fischer.Verlag Jena. Stuttgard. New York.

Bergland, R. and Denisa, M. C. W. (1999). Corn Production for Grain and Silage. North Dakota State University Published.

Briat, J.F., Curie, C. and Gaymard, F. (2007). Iron utilization and metabolism in plants. Current Opinion in Plant Biology. 10: 276-282.

Bersamin, A. (2004). Iron and iron deficiency anemia, nutiation and health. Info-sheet, publication 8141. 1-6. Web site at *http://anrcatalog.ucdavis.edu* Bienfait, H. F. (1992); "Some properties of ferric citrate relevant to the iron nutrition of plants". Plant Soil, 143, Germany: 141-144.

Biaber, B., Cureuett, J.T. and Kipnes, R.S. (2004). Biologi defense mechanisms. Journal of Laboratory and Clinical Medicine 85: 235-244.

Baybordi, A. and Mamedov, G. (2010). Evaluation of application methods of zinc and iron for canola (*Brassica napus* L.). Not. Hort, Agric. 2: 94-103.

Briat, J.F., Curie, C. and Gaymard, F. (2007). Iron utilization and metabolism in plants. Current Opinion in Plant Biology. 10: 276-282.

Brittenham, G.M. (1994). New advances in iron metabolism, iron deficiency and iron overload. Curr Opin Hematol. 1:549-556.

Cakmakci, R., Donmez, M. F. and Erdogan, U. (2007). The effect of plant growth promoting rhizobacteria on barley seedling growth, nutrient uptake, some soil properties and bacterial counts. Turk Journal Agriculture 31: 189-199.

Carrillo, A.E. Li, C.Y. and Bashan, Y. (2002). Increased acidification in the rhizosphere of cactus seedlings induced by Azospirillum brasilense. Naturwissenschaften. 89:428-432.

Cattelan, A.J., Hartel, P.G. and Fuhrmann, J.J. (1999). Screening for plant growth-promoting rhizobacteria to promote early soybean growth. Journal Soil Science. 63:1670–1680.

Chapman, S. R. and Carter, L. P. (1975). Crop Production: Principles and practices. Freeman and Co. San Francisco.

Chang, C. and Yang, S. (2009). Thermo-tolerant phosphate-solubilizing microbes for multi-functional. Bioresour Technol. 100(4): 1648-58.

Chapman, H.D., and Pratt, P.F. (1961). Methods of Analysis for soils, plants and water. Univ. California, Berkeley, CA, USA.

Chen, J. (2006). The combined use of chemical and organic fertilizers and/or biofertilizer for crop growth and soil fertility. International Workshop on Sustained Management of the soil- Rhizosphere System for Efficient Crop Production and Fertilizer Use. October, 16-20. Thailand. 11 pp.

Curl, E.A., and Truelove, B. (1986). Rhizosphere, Springer- Verlag, Berlin. Biofertilizer preparation. Bioresource Technology. 100: 1648–1658.

Davison, J. (1988). Plant beneficial bacteria. Bio/Technology. 6:282-286**.**

Dart, P.J., and Day, J.M. (1975). Nitrogen fixation in the field other than by nodules. N. Walker (Ed), Soil microbiology. Butter Worth Sci. Pub., London.

Dalal, R.C. (1977). Soil organic phosphorus. Adv.Agron. 29: 83-117.

FAO, (2013). FAOSTAT data 2012. http//www. FAOSTAT.org.

Feizi, H., beramand, A., Rezvani Moghadam, P., fotovvat, A. and Tahmasbi, N. (2010). Aplication Magnetic Field and Silver Nano Particles in growth and yield of maize. National Conference on Nano Science & Nano Technology, Payam noor University of Yazd. P: 1694- 1697.

Fielding, J. L. and Hall, J. (1978). A biochemical and cytochemical Study of peroxidase a ctivity in root pea. J. of Exp. Bot. 29: 98-989.

Gao, F., Hong, F., Liu, C., Zheng, L., Su, M., Wu, W., Yang, F., Wu, C. and Yang, P. (2006). Anatase TiO2 on promoting photosynthetic carbon reaction of spinach. Biol. Trace Elemant Res. 111:239-253.

Gholami, A., Shahsavani, S. and Nezarat, S. (2009). The effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on germination, seedling growth and yield of maize. Proceedings of World Academy of Science. Enginering and Technology. 37:2070-3740.

Glick, B.R. (1995). The enhancement of plant growth by free-living bacteria. Canadian Journal of Microbiology. 41:109–117.

Gharib, F.A., Moussa, L.A. and Massoud, O.N. (2008). Effect of compost and bio-fertilizers on growth, yield and essential oil of sweet marjoram (Majorana hortensis) plant. International Journal of Agricultura & Biology. 10(4): 381-387.

Ghosh, P.K., Ajay, K.K. Bandyopadhyay, M.C., Mandel, K.G. and Hati, K.M. (2004). Comprative effectiveness of cattle manure, poultry manure, phosphocompost and fertilizer-NPK on three cropping system in vertisols of semi-arid tropics. Dry matter yield, nodulation, chlorophyll content and enzyme activity. Bioresource Technology. 95: 85-93.

Gilick, B.R., Penrose, D. and wenbo, M. (2001). Bacterial promotion of plant growth. Biotechnology Advances.19: 135-138.

Glick, B.R. (2007). Promotion of plant growth by soil bacteria that regulate plant ethylene levels. Proceedings 33rd PGRSA Annual Meeting. Pp 15-21.

Guerinot, M.L. (1991). Iron Uptake and metabolism in the rhizobia/legume symbioses. Plant and Soil, 130:199-209. 14. Tabatabi, M. A. 1986. Sulfure in Agriculture. American Society of Agronomy Inc. Madison, Wisconsin, USA.

Gulen, Y. (1995) . The effect of sown dates and nitrogenous fertilizer on yield and some agricultural characters of coriander. Ondokuz univ .Institue of natural and applied science department .Turkey.

Habib, M., (2009). Effect of foliar application of Zn and Fe on wheat yield and quality. Aft J. Biotechnol. 8: 6795-6798.

Hasanudin, H. (2003). Increasing of the nutrient and uptake availability of N and P and through corn yield of inoculation of Mycorrhiza and Azotobacter on ultisol organic matter. Journal of Agriculture Sciences of Indonesia. 5(1): 83 – 89.

Hiscox, J.D., and Israelstam, G.F. (1979). A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. Can. J. Bot. 57:1332-1334. Pollution. 131:453-459.

Illmer, P. and Schinner, F. (1995). Solubilization of inorganic calcium phosphates.Soil Biol.
Biochem. 46: 257-263.

Jaberzade, A., moaveni, P., Tohidi Moghadam, H.R. and Moradi, A. (2010). Effect of Tio2 Nanoparticles Spraying on Agronomic charecteristics of Wheat under condition drought stress. J. Crop Ecophys. 2(4), 295-301. [In Persian with English Summery].

Jarak, M., R. Protio, S. Jankovio and J. Colo. (2006). Response of wheat to Azotobacter -Actinomycet inoculation and nitrogen fertilizers. Romanian Agriculture Research. 23: 37-41.

Kapulnik, Y., Sarig, S., Nur, A., Okon, Y. and Henis, Y. (1982). The effect of Azospirillum inoculation on growth and yield of corn. Israel Journal of Botany. 31:247-255.

Koochaki, A and Banayan, M. (1994). Physiology of crop yield. Jahad Daneshgahi Mashhad Press. 380 pp.

Kohler, J., Antonio, J., Hernandes, F., Caravaca, A. Roldan. (2009). Induction of antioxidant enzymes is involved in the greater effectiveness of a PGPR versus AM fungi with respect to increasing the tolerance of lettuce to severe salt stress. Enviromental and Experimental Botany 65. pp: 245-252.

Kendall, E.J, and McKersie, B.D. (1989). Free radical and freezing injury to cell membrance of winter physiol. Plant 76: 86-140.

Kloepper, J.W., and Beauchamp, C.J. (1992). A review of issues related to measuring of plant roots by bacteria.Canadian journal of Microbiology. 38:1219–1232.

Kloepper, J. W., Lifshitz, R. and Zablotowicz, R.M. (1989). Free-living bacterial inocula for enhancing crop productivity. Trends in Biotechnology. 7: 39-44.

Kloepper, J. W., Scher, F. M. Labiret, E. M. and Tipping, B. (1986). Emergence promoting rhizobacteria: descriptions and implications for agriculture. In: Iron, sidrophores and plant disease, Swinburne, T.R. ed. Pp: 155-164. Plenume, New York.

Kogbe, J.O.S. and Adediran, J.A. (2003). Influence of nitrogen, phosphorus and application on the yield of maize in savanna zone of Nigeria. African Journal of Biotechnology .2: 345-342.

Khan, A.A., Jilani, G., Akhtar, M.S., Saqlan Naqvi, S.M., and Rasheed, M. (2009). Phosphorus Solubilizing Bacteria: Occurrence, Mechanisms and their Role in Crop Production. J. Agric. Biol. Sci. 1(1):48-58.

Khosravi. H., Samar, S. M., Fallahi, E. Davoodi, H. and Shahabian, M. (2009). Inoculation of 'Golden Delicious' Apple Trees on M9 Rootstock with Azotobacter improves Nutrient Uptake and Growth Indices. Journal of Plant Nutrition, 32: 946–953.

Kirchner, M., et al. (1993). Soil microbial populations and activities in reduced chemical input
agroecosystems. SSSAJ. 57: 1289-1295.

Khodakovskaya, M., Dervishi, E., Mahmood, M., Xu, Y., Li, Z., Watanabe, F. and Biris. A. S. 2009. Carbon nanotubes are able to penetrate plant seed coat and dramatically affect seed germination and plant growth. ACS Nano 3: 3221-3227.

Larson, W. E. and Hanway, J. J. (1977). Corn Production. In Corn and Corn Improvement. American Society of Agronomy. Madison, Wis. U. S. A.

Lewis, O. A. M. (1986). Plant and nitrogen. Arnold, E., Britian London.

Ladan moghadam, A., Vattani, H., Bagheri, N. and Keshavarz, N. (2012). Effects of different levels of fertilizer nono-iron chelates on growth and yield characteristics of two varieties of spinach (Spinacia oleracea L.): Varamin 88 and Viroflay. Res. J. of Appl. Sci., Engin. And Technol. 4(12):4813-4818.

Lu, C.M., Zhang, C.Y., Wu, J.Q., Tao, M.X., (2002). Research of the effect of nanometer on germination and growth enhancement of *Glycine max* and its mechanism. Soybean Sci. 21, 168- 172.

Majnoon, H.N. (2006).crap agronomy (wheat, barly, rice and corn). Tehran naghshe mehr publication. 113 Pq. (In Persian)

Malakouti, M.J. and Sepehr, (2004). Optimize nourishment for oil seeds (effective step to attained oil independence in country). Khaniran press, Tehran. 464 p. (In Persian)

Malakoti, M. and Tehran, M.M. (1999) .Effect of micronutrients on the yield and quality og agriculture products. Tarbiat modares university publication, Tehran. 292Pq. (In Persian)

Marschner, H. (1995). Mineral nutrition of high plant Academic press. P 330-355.

Marschner H, V. Romheld, M. Kissel. (1986). Different strategis in higher plantin mobilization and uptake of Iron. J. Plant.9:695-713.

Marschner, H., Romheld, V. and Kissel, M. (1995). Different strategis in higher plants in mobilization and uptake of iron. J. Plant. Nutr. 9:695-713.

Masoni, A., Evacoli, A. and Mavoti, M. (1996). Spectral of leaves deficient in iron, sulphur, magnesium and manganese. Agronomy Journal, 88(6):937-943.

Mayak, S., Tirosh, T. and Glick, B. (2004). Plant growth-promoting bacteria confer resistance in tomato plants to salt stress. Plant Physiology and Biochemistry. 42:565-572.

Mazaherinia, S., Astaraei, A.R., Fotovat, A., Monshi, A. (2010). Nano iron oxide particles efficiency on Fe, Mn, Zn and Cu concentrations in wheat plant. World Appl. Sci. J. 7(1), 36- 40.

Mirhadadi, M.J. (2001).corn. The organization of research, education and agriculture extension publication. 14Pq. (In Persian)

Miller, G. W., Huang, I. J., Welkie, G.W. and Pushmik, J. G. (1995). Function of iron in plants with special emphasis on chloroplasts and photosynthetic activity. PP. 19-28. In: Abadia, J. (Ed), Iron Nutrition in Soils and Plants, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht.

Mirza, M.S., Rasul, G., Mehnaz, S., Ladha, J.K., So, R.B., Ali, S., and Malik, K.A. (2000). Beneficial effects of inoculated nitrogen-fixing bacteria on rice. In 'The Quest for Nitrogen Fixation in Rice. Ladha, J.K., and P.M. Reddy (eds.). pp: 191–204. International Rice Research Institute, Los Banos, Philippines.

Moaveni, P., Kheiri, T. (2011). TiO2 Nano Particles Affected on Maize (*Zea mays* L.). 2nd International Conference on Agricultural and Animal Science in Singapore by International Proceeding of Chemical, Biological & Environmental Engineering. International Association of Computer Science and Information Technology Press. 22. 160-163.

Mohamadipoor, R., Sedaghatpoor, S. and Mahboub- khomami, A. (2013). Effect of application of iron fertilizare in two methods (foliar and soil application) on growth characteristics of Spathyphyllum illusion. European Journal of Experimental Biology 3: 232-240.

Monsef Afsar, R., Hadi, H. and Pirzad, A. (2012). Effect of spraying nano-iron on characteristics qualitative and quantitative of cowpea, under drought stress end of season. International Res. J. Appl. Basic Sci. 3(8):1709-1717.

Mortvedt, J.J. (1991). Correcting iron deficiencies in annual and perennial: Present technologies and future prospects. Pp. 315-321.

Mortvedt, G.G., Giordana, P.M. and Lindsay, W. L. (1972). Micronutrients in agriculture Soil Sci. Soc. America. Madison, WI.

Musavi, S.R. and Rezaei, M. (2011). Nanotechnology in Agriculture and Food production. J. Apple. Environ. Biol. Sci. 1(10):414-419.

Naderi, M.R. and Abedi, A. (2012). Application of nanotechnology in agriculture and refinement of environmental pollutants. J. Nanotech. 11(1), 18-26. [In Persian with English Summary].

Nakano, Y. and Asada, K. (1981). Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate specific peroxidase in spinach chloroplasts. Plant Cell Physiol 22: 867-880.

National nanotechnology research AGENDA and NIOSH recommendations. (2005). interim Cuideline for working safety with Nanotechnology.

Narimani, H., Rahimi, M.M., Ahmadikhah, A. and Vaezi, B. (2010). Study on the effects of foliar spray of micronutrient on yield and yield components of durum wheat. Arch. Appl. Sci. Res., 2(6): 168-176.

Narrula, N., Kumar, V,. Behl, R.K., Deubel, A., Gransee, A. and Merbach, W. (2000). Effect of P-solubilizing Azotobacter choorococcum on N. P. K uptake in Pr - esponsive wheat genotypes grown under greenhouse conditions.J. Plant Nutr. Soil Sci. 163: 393-398

Nelson, L.M. (2004). Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): Prospects for new inoculants. Plant Management Network.

Nour mohammadi, G.S., Seyadat, A. and Kashani, A. (2001).Agronomy. (cereals). Shahid chamran university of ahvaz publication, Tehran. 446Pq. (In Persian)

Omar, M.N.A., Osman, M.E.H., Kasim, W.A. and Abd El-Daim, L.A. 2009. Improvement of salt tolerance mechanisms of barley cultivated under salt stress using Azospirillum brasilense. pp: 133.

Pais, I., and Benton Jones, J. (1997). The Handbook of Track Elements. St Lucie Press. 217 pp**.**

Pamella, A.C. Steven, S.H. (1982). Inorganic phosphate solubilization by rhizospher in a zostera marin community. Canadian journal of Microbiology. 28:605–610.

Pan, B., Bai, Y.M., Leibovitch, S. and Smith, D.L. (1999). Plant growth prometing rhizobacteria and kinetin as ways to promot corn growth and yield in a short growing season area. European Journal of Agronomy, 11:179-186.

Parry, M. A. J., Andralojc, P.J.Khan., S., Lea, P.J. and Keys, A.J. (2002). Rubisco Activity: Effects of drought stress. Ann. Bot. 89: 833-839.

Patriquin, D.G., Dobereiner, J. and Jani, D.K. (1983). Sites and process of association between diazotrophs and grasses. Canad. J. Microbiol., 29:900-916.

Pereira, G.J.G., Molina, S.M.G., Lea, P.J. and Azevedo, R.A. 2002. Activity of antioxidant enzyme in response to cadmium in Cro talaria juncea**.** Plant Soil. 239: 379-389.

Peyvandi, M., Parande, H. and Mirza, M. 2011. Comparison on nano Fe chelate with Fe chelate on growth parameters and antioxidant enzymes active of Ocimum Basilicum. New Cellular and Molecular Biotechnology. 4:89-99. (In Persian)

Probanza, A., Lucas, J.A., Acero, N. and Gutierrez-Ma.ero, F. J. (1996). The influence of rhizobacteria on European alder [*Alnus glutinosa* (L.) Gaertan] growth.II. Characterization of growth promoting and growth inhibiting strains. *Plant Soil*. 182: 67–74.

Rai, S.N., and Guar, A. C. (1988). Characterization of Azobacter spp. And effect of Azobacter andA zospirillum as inoculant on the yield and N-uptake of wheat crop. Plant Soil. 109:131-134.

Rajendran, K. and Devaraj, P. (2004). Biomass and nutrien distribution and their return of Casuarina equisetifolia inoculated with biofertilizers in farm land. Biomass and Bioenergy. 26: 235-249.

Rajendra, P., Kandpal, C. S., Vaidyanathan, M., Udayakumar, K.S. and Appaji, R., (1991). Alterations in the activities of the enzymes of proline metabolism in Ragi (Eleusine coracana) leaves during water stress. Journal of Biosciences 3: 361-370.

Rahimizadeh, M., Kashani, A., Zarefizabady, A., Madani, H., soltani, E. (2010). Effect of
micronutrient fertilizers on sunflower growth and yield in drought stress condition. 3 (1),
57-79. [In Persian with summary].

Ravi, S., Channal, H.T., Hebsur, N.S., Patil, B.N., Dharmatti, P.R. (2008). Effect of sulfur,
zinc and iron nutrition on growth, yield, nutrient uptake and quality of safflower
(*Carthamus tinctorius* L). Karnataka J. Agri. Sci. 32, 382-385.

Reyes, V.G. and schimidt, E.L. (1979). Population densities of Rhizobium japonicum Strain 123 Estimated Directly in Soil and Rhizosphere. *Appl. Environ. Microbiol.* 37:854-858.

Rodony, A.S. (2000). Plant nutrients. Academic press. Orlando, FL.

Rodriguez, H. and Fraga, R. (1999). Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant
growth promotion. Biotech. 17: 319-339.

Reynolds, G. H. (2002). Forward to the future nanotechnology and regulatory policy.

Salehi, M. and Tamaskoni, F. (2008). Effect Nanocid at Seed treatment on germination and seedling growth of wheat under salinity. Abstract of the first National Conference of Seed Science and Technology, Iran. P: 358. [In Persian with English Summary].

Sangale, P.B., Palil, G.D. and Daftardar, S.Y. (1981). Effect of foliar application of zinc, iron and boron on yield of safflower. *Journal of Moharashtra Agricultural University* 6: 65-66.

Scharf, P.C., Brouder, S.M. and Hoef. R.G. (2006). Chlorophyll meter reading can predict nitrogen need and yield response of corn in the north- central USA. Agronomy Journal 95: 655-665.

Schoenwitz, R. and Ziegler, H. (1986). Influence of rhizosphere bacteria on morphological characteristics of maize seedlings (*Zea mays* L.). Z. Pflanzenernaehr. Boden, 149: 614-622.

Sepehr, A., Rasuli Sedghiani, M. H., and Malakuti, M. J. (2004). Effect of different resource of potassium and micronutrients fertilizers on quality and increasing in sunflower. Optimized nourishment of oil grains.

Sharafi, S., Tajbakhsh, M., Majidi, M. and Pourmirza, A. (2002). Effect of iron and zinc fertilizer on yield and yield components of two forage com cultivars in Urmia. Soil and Water. 12, 85-94.

Sharma, A.K. (2004). Biofertilizers for sustainable agriculture. Agrobios, India.

Shrma, A.K. (2002). Biofertilizers for sustainable agriculture. Agrobios Indian Publications. 456.

Starr, M.P., Stdp, H., Truper, H.G., Balows, A. and Schlegel, H.G. (1995). The Prokaryotes, Springer-Verlage.

Sheykhbaglou, R., Sedghi, M., Tajbakhsh shishevan, M. and Sharifi, R. (2010). Effects of nano-iron oxide particles on agronomic traits of soybean. Notulae Scientia Biologicae, 2(2): 112-113.

Shigeoka, S., Ishikawa, T., Tamoi, M., Miyagana, Y., Takoda, T/ and Yabuta, Y. (2002). Regulation and function of ascorbate peroxidas in enzymes. J. Exp. Bot. 53: 1305-1319.

Singh, A. L. and Dayal, B.D. (1992). Foliar application of iron for recovering groundnut plants from lime induced iron deficiency chlorosis and accompanying losses in yield. Journal of Plant Nutrition, 15(9): 1421-1433.

Suba Rao, N.S. (1988). Biofertilizers in agriculture. Oxford and IBH Publishing Co., New Delhi, 208 p.

Suh, H., Kim, C.H., Lee, J. and Jung, J. (2002). "Photodynamic effect of iron on photosystem II function in pea plants". Photochem Photobiol. 75: 513-518.

Sun, B., Jing, Y., Chen, K., Song, L., Chen, F. and Zhang, L. (2007). Protective effect of nitric oxide on iron deficiency-induced oxidative stress in maize (*Zea mays* L.). J. Plant physiol. 164: 536-543.

Sozer, N. and Kokini, J.L. (2008). Nano technology and its application in the food sector (Review). Trends in Biotechnology. 27 (2): 82-89.

Tilak, K.V.B.R., Singh, C. S., Roy, V. K. and Rao, N.S.S. (1982). *Azospirillum brasilense* and *Azotobacter chroococcum* inoculum: effect on yield of maize (*Zea mays* L.) and sorghum (*Sorghum bicolor*). Soil Biology and Biochemistry. 14:417-418.

Vattani, H., Keshavarz, N. and Baghaei, N. (2012). Effect of sprayed soluble different levels of iron chelate Nano fertilizer on nutrient uptike efficiency in two variation of spinach (Varamin88 and Virofly). Int. Rev. L. Appl. Basic Sci. 3(S): 2651-2656.

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

Wagar, A., Shahroona, B., Zahir, Z.A. and Arshad, M. (2004). Priming with Acc deaminase containing rhizobacteria for improvming growth and yield of wheat. Pakistan Journal of Agriculture. 41:119-124.

Weller, D. M. and Thomashow, L. S. (1994). Current challenges in Current challenges in introducing beneficial microorganisms into the rhizosphere, pp. 1-18. In O'Gara, F., Dowling, D. N. and Boesten (eds.). Microbial Ecology of Rhizosphere Microorganisms. VCH, Germany.

Whitty, E.N., and Chambliss, C. (2005). Fertilization of Field and Forage Crops. Nevada State University ZPublication. 21 pp.

Wiersma, J.V. (2005). High rates of Fe-EDDHA and seed iron concentration suggest partial solutions to iron deficiency in soybean. Agron. J. 97: 924-934.

Wiswanathan, B. (2009). " Nanomaterials ".Alphasciennce international Limined Landan. 250pP.

Yanni, Y.G., Rizk, R., Abd El-Fattah, F.K., Squartini, A., Corich. V., Giacomini, A., de Bruijn, F., Rademaker, J., Maya-Flores, J., Ostrom, P., Vega-Hernandez, M., Hollingsworth, R.I., Martinez-Molina, E., Mateos, P., Velazquez, E., Wopereis, J., Triplett, E., Umali-Garcia, M., Anarna, J. A., Rolfe, B.G., Ladha, J. K., Hill, J., Mujoo, R., Ng, P. K., and Dazzo, F. B. (2001). The beneficial plant growth-promoting association of *Rhizobium leguminosarum* by. Trifolii with rice roots. *Aust. J. Plant Physiol*. 28: 845-870.

Zahir, A.Z., Arshad, M. and Frankenbergr, W.F. (2004). Plant growth prowth promoting rhizobacterrian: Application and perspectives in agriculture.Agron, 81:97-168.

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

Zayed, B.A., Salem, A.K.M., El sharkawy, H.M. (2011). Effect of Different Micronutrient Treatments on Rise (*oriza sativa* L.) Growth and Yield under Saline Soil Conditions. World Journal of Agricultural Sciences, 7, 179-184.

Zeidan, M.S., Mohamed, M.F. and Hamouda, H.A. (2010). Effect of foliar fertilization of Fe, Mn and Zn on wheat yield and quality in low sandy soils fertility. World J. Agric. Sci., 6(6): 696-699.

Zaied, K.A., Abd El-Hady, A.H., Sharief, A.E., Ashour, E.H. and Nassef, M.A. (2007). Effect of Horizontal DNA Transfer in Azospirillum and Azotobacter Strains on Biological and Biochemical Traits of Non-legume Plants. J. Appl. Sci. Res. 3(1): 73-86.

Zhu, H., Han, J., Xiao, J.Q. and Jin, Y. (2008). Uptake, translocation and accumulation of manufactured iron oxide nanoparticles by pumpkin plants. *Journal of Environmental Monitoring*, 10, 713-717.

Abstract:

Environmental pollutions due to the wateful use of chemical inputs, has endangered human health. Now days wide efforts to find appropriate ways to improve the quality of soil, crops and removal of pollutants has been started. Therefore, in order to evaluate the effect of bio-fertilizers and bacterial iron on quantitative and qualitative characteristics of maize (KSC 704), factorial experiment in a complete block design with three replications was run at the Agricultural Faculty of the University of Shahrood in 1394. The treatments consisted of three levels of bacterial bio-fertilizers (control sample, *Azotobacter chroococcum*, *Azospirillum brasilens* as the first and chelate iron include: control (without any fertilizer), iron chelate soil typical consumer, conventional iron chelate spray, nano iron chelate soil use, nano iron chelated foliar as the second factor. The results showed that the interaction of biological bacterial fertilizer and iron chelate on seed performance, guaiacol peroxidase enzyme activity and ascorbate peroxidase, seed iron and leaves and protein of seed, were significant. So that the highest grain yield, The highest seed and leaf iron and protein content and the highest enzyme activity guaiacol was obtained from the treatment combination of Azospirillum with spraying nano iron chelate. In this experiment, the main effects of bio-fertilizer treatment and iron nano chelate, had a significant influence on the amount of Chlorophyll-a, chlorophyll- b and biological function so that the highest amounts of them were obtained with Azospirillum bacteria and nano-iron treatment by spraying. Among these experimental treatments, iron nano chelate in the form of spraying, significantly increased the amount of grain weight, plant height, seed number per row and the number of rows per ear. According to the results we can summarize that Treatment combination of Azospirillum bacteria and iron nano chelate spraying, in comparison to other treatments, had better performance in corn single cross 704 and is recommended.

Keywords: Bio-fertilizer, nano chelate, Azotobacter chroococcum, Azospirillum brasilens, biological yield

Shahrood University of Technology

Faculty of agriculture

MSc thesis in of Agronomy

Effect of biological fertilizer and nano iron chelated fertilizer in to the soil as Foliar application on quantitative and qualitative characteristics of corn

By: Esmaeil salmanpour Mansour abad

Supervisor:

Dr. M. Heydari

Advisors:

Dr. H. R. Asghari

Dr. H. GHorbani

October 2016