

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ





دانشکده کشاورزی

گروه زراعت

عنوان پایان نامه ارشد

تأثیر محلول پاشی نانو ذره آهن به همراه مواد افزودنی D.G ADJUVANT و RCP-5 بر رشد
و عملکرد لوبیا سبز

دانشجو

دنیا نوذری راد

اساتید راهنما

دکتر مهدی برادران فیروز آبادی

دکتر حسن مکاریان

اساتید مشاور

دکتر ناصر فرخی

دکتر احمد غلامی

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

بهمن ۱۳۹۲

تقدیم به وجود مقدس

آنکه ناتوان شد تا من به توانایی برسم، مویش سپید شد تا من در اجتماع رو سپید شوم

و عاشقانه سوخت تا رو منکر را هم باشد

و کرم با نخش وجودم

مادرم

و

روح پدرم

گرچه حضورش اینجا نیست اما یاد همیشه سبزش همیشه روح بخش بوده تا در مسیری که پانهاده ام توان خود را چنان بیفزایم تا سختی ها بر من چیره نشود
و او خنود از من از آسمان نظر کند تا اشک خنودی اش همچون باران پر برکت بر صورتم جاری شود.

قدردانی و تشکر

باور به چیزی داشتن تنها زمانی میسر می‌شود که خواهان باشی و راهرو مسیر، در غیر این حال تنها تکاپو در بیراه است و بس. به بیراهه رفتن و نیافتن مقصد چیزی غیر قابل تصویری نیست آن هم زمانی که هیچ راهنمایی چراغ مسیر را به سوی چشمان جوینده نگیرد.

برای سپاس از آنچه که ارزانی می‌دارید به خوشه‌ای از یک مزرعه بزرگ هدف و کلامی بیانگرش نمی‌تواند باشد و هیچ چیز مادی نمی‌تواند این راه پر از معنویت را بها بخشد تنها توانی که در این خوشه است زبان سپاس و تشکر است که صادقانه از شما سپاسگذار است برای تمام زحمات و مشقاتی که در طی این مسیر متحمل شدید تا بیراهه‌ای در پیش رو نداشته باشم.

تقدیر ویژه دارم از استاد گرامی **جناب آقای دکتر مهدی برادران فیروزآبادی**، جهت روشن نمودن راهی که ابتدای آن بدون وجود ایشان و رهنمودهایشان به کوره راه ختم می‌شد. و همچنین از استاد محترم **جناب آقای دکتر حسن مکاریان** و اساتید مشاور **جناب آقای دکتر ناصر فرخی** و **جناب آقای دکتر احمد غلامی** که در سایه عالمانه و تلاش‌های بی دریغشان این بار گران به منزل رسید.

صمیمانه‌ترین مراتب قدردانی خود را از اساتید داور **جناب آقای دکتر منوچهر قلی پور** و **جناب آقای دکتر مصطفی حیدری** و نیز از نماینده محترم تحصیلات تکمیلی **جناب آقای دکتر کامبیز جهان بین** و نیز سایر اساتید بزرگوار گروه زراعت ابراز می‌دارم.

بدین وسیله از مهندس **بابک سلیم زاده** و **شرکت راک شیمی** که مواد افزودنی را در اختیار ما قرار دادند قدردانی می‌شود.

دوستان گرامی‌ام: خانم‌ها مهندس زهرا محمد خانی، محبوبه صرامی، فهیمه دشت‌پیما، فرانک نعل‌چگر، شیما کریمی و دوست همیشه همراهم خانم ساناز کاظمی.

در پایان از همراه تمام لحظات زندگی‌ام **مادر** مهربانم سپاسگزارم.

دنیا نوذری‌راد

بهمن ۹۲

تعهد نامه

اینجانب دنیا نوذری راد دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه **تاثیر محلول پاشی نانو ذره آهن به همراه مواد افزودنی D.G ADJUVANT و RCP-5 بر رشد و عملکرد لوبیا سبز** تحت راهنمایی آقایان دکتر مهدی برادران فیروزآبادی و دکتر حسن مکاریان متعهد می شوم.

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

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

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

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

چکیده

آهن دارای نقش حیاتی در سلول‌های گیاهی و جانوری است. با توجه به نظریه پیدایش نانوکودها، به نظر می‌رسد چنانچه در کاربرد آن‌ها در عرصه کشاورزی آهن به فرم نانو در گیاهان زراعی محلول-پاشی گردد، علاوه بر جذب بیشتر آن توسط گیاه در فرآیندهای حیاتی گیاه نیز نقش موثرتری نسبت به آهن معمولی ایفا نماید. البته مشکلاتی در جذب این عنصر توسط برگ وجود دارد که امید است با استفاده از مواد افزودنی مناسب این مشکل نیز مرتفع گردد. به همین منظور آزمایشی در جهت ارزیابی تأثیر محلول‌پاشی نانو آهن همراه با مواد افزودنی بر رشد و عملکرد لوبیا سبز در دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود در سال ۱۳۹۱ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل محلول‌پاشی اکسید آهن در پنج سطح (صفر، ۰/۲۵ معمولی، ۰/۵ معمولی، ۰/۲۵ نانو و ۰/۵ نانو بر حسب گرم در لیتر) و مواد افزودنی در سه سطح (صفر، D.G ADJUVANT و RCP-5) بودند که به صورت فاکتوریل و در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. اعمال تیمارها ۵۵ روز بعد از کشت و در مرحله شروع گل‌دهی صورت گرفت. نتایج نشان داد بیش‌ترین وزن خشک غلاف در ترکیب تیماری نانو آهن ۰/۲۵ × D.G ADJUVANT مشاهده شد که نسبت به تیمار شاهد از افزایشی معادل ۵۴/۸۶ درصد برخوردار بود. بالاترین عملکرد زمانی حاصل شد که ماده افزودنی D.G ADJUVANT در سطح صفر آهن محلول‌پاشی گردید. این در حالی بود که وزن خشک غلاف و عملکرد در سطح ۰/۵ نانو آهن بدون ماده افزودنی به صورت معنی‌داری کاهش یافت شاید این امر به دلیل بالا بودن تعداد دانه در غلاف (۵/۸۰ دانه در غلاف) در این ترکیب تیماری باشد. بالاترین مقادیر آهن برگ (۳۱۱ میلی‌گرم در کیلوگرم) و آهن غلاف (۵۱/۴۷ میلی‌گرم در کیلوگرم) در سطح ۰/۲۵ آهن معمولی همراه شده با D.G ADJUVANT به دست آمد. نانو آهن ۰/۵ همراه با RCP-5 و نانو آهن ۰/۵ بدون استفاده از مواد افزودنی به ترتیب با ۱۹/۴۰ و ۱۹/۳۰ درصد بالاترین میزان پروتئین را نشان دادند. در تیمار ۰/۵ آهن معمولی بالاترین کاروتنوئید و آب نسبی برگ مشاهده شد. به طور کلی در حیطه این آزمایش مشاهده شد آهن معمولی به ویژه در غلظت بالا تأثیر بیش‌تری بر صفات مورد بررسی داشت و ترکیب نانو آهن با ماده افزودنی RCP-5 و آهن معمولی با D.G ADJUVANT بهتر بود.

کلمات کلیدی: افزودنی‌ها، حبوبات، نانو کودها.

لیست مقالات مستخرج از پایان نامه

نوذری‌راد، د.؛ برادران فیروزآبادی، م.؛ مکاریان، ح.؛ فرخی، ن. و غلامی، ا. ۱۳۹۲. تأثیر محلول پاشی آهن به همراه افزودنی‌های D.G ADGUVANT و RCP-5 بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا سبز. دوازدهمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. ۳۰-۳۱ مرداد. دانشگاه محقق اردبیلی.

نوذری‌راد، د.؛ برادران فیروزآبادی، م.؛ مکاریان، ح.؛ فرخی، ن. و غلامی، ا. ۱۳۹۲. تأثیر محلول پاشی آهن به همراه مواد افزودنی D.G ADGUVANT و RCP-5 بر تجمع ماده خشک در لوبیا سبز. هشتمین کنگره علوم باغبانی ایران. ۴-۷ شهریور. دانشگاه بوعلی سینا همدان.

فهرست مطالب

صفحه	عنوان
۱	فصل اول: مقدمه
۷	فصل دوم: بررسی منابع
۸	۱-۲- لوبیا سبز
۸	۱-۱-۲- اهمیت حبوبات
۹	۲-۱-۲- گیاه‌شناسی
۱۰	۳-۱-۲- مراحل رشد و نمو
۱۰	۴-۱-۲- سازگاری
۱۱	۵-۱-۲- نیاز غذایی
۱۲	۶-۱-۲- ارزش غذایی دانه
۱۳	۷-۱-۲- عملیات زراعی حبوبات
۱۳	۱-۷-۱-۲- کاشت
۱۳	۲-۷-۱-۲- داشت
۱۴	۳-۷-۱-۲- برداشت
۱۴	۲-۲- نانو تکنولوژی
۱۴	۱-۲-۲- کاربرد نانو در کشاورزی
۱۶	۲-۲-۲- کاربرد نانو کودها
۱۷	۳-۲- مواد افزودنی
۱۷	۱-۳-۲- ادجوانت
۱۹	۴-۲- آهن
۱۹	۱-۴-۲- نقش آهن در سلامتی انسان
۲۰	۲-۴-۲- نقش آهن در تغذیه گیاه
۲۱	۳-۴-۲- تشخیص علائم کمبود و بیش‌بود آهن در گیاه
۲۳	۵-۲- محلول‌پاشی
۲۴	۶-۲- اثر آهن بر رشد و نمو و عملکرد گیاهان
۲۴	۱-۶-۲- سطح برگ
۲۵	۲-۶-۲- تجمع ماده خشک
۲۶	۳-۶-۲- ارتفاع ساقه
۲۷	۴-۶-۲- قطر ساقه
۲۸	۵-۶-۲- انشعابات جانبی
۲۸	۶-۶-۲- عملکرد و اجزای عملکرد
۳۱	۷-۲- تاثیر آهن بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی گیاهان
۳۱	۱-۷-۲- غلظت آهن در اندام‌های هوایی
۳۲	۲-۷-۲- کلروفیل
۳۴	۳-۷-۲- پروتئین دانه
۳۵	۴-۷-۲- میزان آب نسبی برگ

۳۷	فصل سوم: مواد و روش ها
۳۸	۱-۳- زمان و مشخصات محل اجرای آزمایش
۳۸	۲-۳- خصوصیات خاک محل اجرای آزمایش
۳۸	۳-۳- مشخصات طرح آزمایشی
۴۱	۴-۳- عملیات اجرایی
۴۱	۱-۴-۳- کاشت
۴۱	۲-۴-۳- داشت
۴۱	۳-۴-۳- اعمال تیمارها
۴۲	۴-۴-۳- برداشت
۴۲	۵-۳- نمونه برداری
۴۲	۶-۳- صفات زراعی و مورفولوژیکی
۴۳	۱-۶-۳- سطح برگ
۴۳	۲-۶-۳- وزن خشک برگ، ساقه و غلاف
۴۳	۳-۶-۳- ارتفاع بوته
۴۴	۴-۶-۳- قطر ساقه
۴۴	۵-۶-۳- تعداد انشعابات جانبی
۴۴	۶-۶-۳- عملکرد و اجزای عملکرد
۴۴	۷-۳- اندازه گیری صفات فیزیولوژیک
۴۴	۱-۷-۳- غلظت عنصر آهن
۴۵	۲-۷-۳- کلروفیل
۴۶	۳-۷-۳- درصد و عملکرد پروتئین
۴۷	۴-۷-۳- میزان آب نسبی برگ
۴۸	۸-۳- تجزیه و تحلیل داده ها
۴۹	فصل چهارم: نتایج و بحث
۵۰	۱-۴- ماده خشک برگ، ساقه و غلاف
۵۰	۱-۱-۴- وزن خشک برگ
۵۱	۲-۱-۴- وزن خشک ساقه
۵۲	۳-۱-۴- وزن خشک غلاف
۵۴	۲-۴- شاخص سطح برگ
۵۴	۳-۴- ارتفاع ساقه
۵۵	۴-۴- قطر ساقه
۵۵	۵-۴- تعداد انشعابات جانبی
۵۵	۶-۴- عملکرد و اجزای عملکرد
۵۵	۱-۶-۴- عملکرد سبز (وزن غلاف تازه)
۵۷	۲-۶-۴- تعداد غلاف در بوته
۵۷	۳-۶-۴- تعداد دانه در غلاف
۵۸	۴-۶-۴- وزن هزار دانه
۶۰	۵-۶-۴- عملکرد نهایی
۶۱	۷-۴- صفات فیزیولوژیک
۶۱	۱-۷-۴- آهن غلاف

۶۲	۴-۷-۲- آهن برگ
۶۴	۴-۷-۳- رنگدانه‌های برگ
۶۴	۴-۷-۳-۱- کاروتنوئید
۶۵	۴-۷-۳-۲- کلروفیل
۶۶	۴-۷-۴- پروتئین غلاف
۶۷	۴-۷-۵- عملکرد پروتئین
۶۹	۴-۷-۶- میزان آب نسبی برگ
۷۱	۴-۸- نتیجه گیری
۷۲	۴-۹- پیشنهادات
۷۳	منابع
۸۹	پیوست

فهرست شکل‌ها

صفحه	شکل
۴۰	۳-۱- نقشه کاشت طرح آزمایشی مورد استفاده
۵۰	۴-۱- مقایسه میانگین وزن خشک برگ تحت تأثیر محلول پاشی مواد افزودنی
۵۱	۴-۲- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه تحت تأثیر محلول پاشی آهن
۵۲	۴-۳- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه تحت تأثیر مواد افزودنی
۵۳	۴-۴- مقایسه میانگین وزن خشک غلاف تحت تأثیر محلول پاشی آهن و مواد افزودنی
۵۴	۴-۵- مقایسه میانگین ارتفاع ساقه تحت تأثیر مواد افزودنی
۵۶	۴-۶- مقایسه میانگین عملکرد سبز تحت تأثیر محلول پاشی آهن و مواد افزودنی
۵۸	۴-۷- مقایسه میانگین تعداد دانه در غلاف تحت تأثیر محلول پاشی آهن و مواد افزودنی
۵۹	۴-۸- مقایسه میانگین وزن هزار دانه تحت تأثیر محلول پاشی آهن و مواد افزودنی
۶۱	۴-۹- مقایسه میانگین عملکرد نهایی تحت تأثیر محلول پاشی آهن و مواد افزودنی
۶۲	۴-۱۰- مقایسه میانگین آهن غلاف تحت تأثیر محلول پاشی آهن و مواد افزودنی
۶۳	۴-۱۱- مقایسه میانگین آهن برگ تحت تأثیر محلول پاشی آهن و مواد افزودنی
۶۵	۴-۱۲- مقایسه میانگین کاروتنوئید برگ تحت تأثیر محلول پاشی آهن
۶۷	۴-۱۳- مقایسه میانگین پروتئین غلاف تحت تأثیر محلول پاشی آهن و مواد افزودنی
۶۸	۴-۱۴- مقایسه میانگین عملکرد پروتئین تحت تأثیر محلول پاشی آهن و مواد افزودنی
۶۹	۴-۱۵- مقایسه میانگین آب نسبی برگ تحت تأثیر محلول پاشی آهن
۷۰	۴-۱۶- مقایسه میانگین آب نسبی برگ تحت تأثیر مواد افزودنی

فهرست جداول

صفحه	جدول
۱۲	۲-۱- مواد غذایی موجود در لوبیا سبز
۱۲	۲-۲- املاح معدنی و ویتامین‌های موجود در لوبیا سبز
۳۹	۳-۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش
۴۰	۳-۲- ترکیبات تیماری مورد استفاده در آزمایش
۹۰	پیوست ۱- میانگین مربعات وزن خشک ساقه، برگ و غلاف و شاخص سطح برگ تحت تأثیر محلول پاشی آهن و مواد افزودنی
۹۰	پیوست ۲- مقایسه میانگین وزن خشک برگ، غلاف و شاخص سطح برگ تحت تأثیر محلول پاشی آهن و مواد افزودنی
۹۱	پیوست ۳- میانگین مربعات صفات زراعی تحت تأثیر محلول پاشی آهن و مواد افزودنی
۹۱	پیوست ۴- مقایسه میانگین صفات زراعی تحت تأثیر محلول پاشی آهن و مواد افزودنی
۹۲	پیوست ۵- میانگین مربعات عملکرد سبز، اجزای عملکرد و عملکرد نهایی تحت تأثیر محلول پاشی آهن و مواد افزودنی
۹۲	پیوست ۶- مقایسه میانگین عملکرد سبز، اجزای عملکرد و عملکرد نهایی تحت تأثیر محلول پاشی آهن و مواد افزودنی
۹۳	پیوست ۷- میانگین مربعات کلروفیل برگ تحت تأثیر محلول پاشی آهن و مواد افزودنی
۹۳	پیوست ۸- مقایسه میانگین کلروفیل برگ تحت تأثیر محلول پاشی آهن و مواد افزودنی
۹۴	پیوست ۹- میانگین مربعات برخی صفات فیزیولوژیکی تحت تأثیر محلول پاشی آهن و مواد افزودنی
۹۴	پیوست ۱۰- مقایسه میانگین برخی صفات فیزیولوژیکی تحت تأثیر محلول پاشی آهن و مواد افزودنی

فصل اول

مقدمه

اولین و مهم‌ترین نیاز هر جامعه‌ای نیاز به غذا است، و تهیه غذا برای انسان‌ها به صورت مستقیم یا غیر مستقیم با کشاورزی وابسته است. مواد غذایی در مجموع با این نقش در افزایش کمیت و کیفیت عملکرد محصولات کشاورزی تأثیر معنی‌داری روی سلامتی انسان‌ها و حیوانات دارند (اسکندری، ۲۰۱۱). طبق مطالعات انجام شده استفاده از پروتئین‌های گیاهی می‌تواند اثرات سوء ناشی از کمبود پروتئین را تا حدی از بین ببرد. حبوبات و به خصوص لوبیا دارای مقادیر زیادی پروتئین هستند و گونه‌های مختلف آن از ۲۰ تا ۵۰ درصد پروتئین دارند. علاوه بر این حبوبات دارای کربوهیدرات‌ها، برخی ویتامین‌ها و مواد معدنی ضروری در جیره غذایی انسان هستند و در تناوب‌های زراعی نیز برای حاصل‌خیزی زمین و به عنوان کود مورد استفاده قرار می‌گیرند (خاقانی و همکاران، ۱۳۸۸). با توجه به اینکه امروزه جهان با مشکل بزرگی به نام رشد جمعیت مواجه است و یکی از پیامدهای آن کمبود غذا می‌باشد لذا تأمین غذای این جمعیت رو به رشد به بخش کشاورزی مربوط می‌شود. در چنین شرایطی فناوری‌هایی مورد نیاز هستند که قابلیت تولید گیاهان، دام‌ها و به‌طور کلی موجوداتی با ویژگی‌های برتر را داشته باشند (پورآتشی، ۱۳۸۸). نانوتکنولوژی یا کاربرد فناوری در مقیاس اتم و مولکول یکی از تکنولوژی‌های نوظهور در قرن حاضر می‌باشد، که آینده اقتصادی جهان را به شدت متأثر خواهد نمود. گستردگی دامنه تأثیر این فناوری بسیار زیاد است و می‌تواند بیش‌تر جنبه‌های زندگی بشر را تحت تأثیر قرار دهد. نانوتکنولوژی کاربردهای زیادی در حوزه‌های مختلف از جمله غذا، دارو، بهداشت، انرژی، محیط زیست، بیوتکنولوژی و کشاورزی دارد (عبدلی و همکاران، ۱۳۸۴). از جمله کاربردها و توانایی‌های بالقوه این فناوری افزایش جذب مواد غذایی توسط گیاهان و سیستم‌های تحویل هوشمند ترکیبات شیمیایی در منطقه با فرمولاسیون دقیق نهاده‌های کشاورزی است که موجب کم شدن مصرف سم و کود می‌گردد و امیدها و چشم‌اندازهای جدیدی در راستای حفظ محیط زیست ایجاد نموده است (برمکی و همکاران، ۱۳۸۹).

در کشور ما در بیش تر موارد توصیه‌های کودی بدون توجه به نیاز گیاه صورت می‌گیرد و به تغذیه گیاهی اهمیت داده نمی‌شود. توصیه‌های کودی عمدتاً به صورت کلیشه‌ای انجام می‌شود و کود نقش خود را به عنوان ابزار مهم در افزایش تولید به دلیل عدم استفاده بهینه از آن‌ها ایفا نمی‌نماید. علت‌های اصلی توجه بیشتر به عناصر کم‌مصرف، به جز اثر در افزایش تولید محصولات، مشاهده پیدایش کمبود، گرسنگی پنهان و افزایش بیماری‌هایی است که انسان امروزی در اثر مصرف مواد غذایی فقیر از این عناصر، به آن مبتلا می‌شود. اشکالی که در توصیه‌ها وجود دارد این است که تا گیاهان زراعی نشانه‌های کمبود را نشان ندهند، کودی مصرف نمی‌شود که این اندیشه‌ای نادرست می‌باشد زیرا در این شرایط عملکرد پائین می‌آید و کیفیت محصول بسیار کاهش می‌یابد (ملکوتی، ۱۳۷۷).

یکی از مسائل مهم در مصرف کودهای ریز مغذی مقایسه روش‌ها و مقادیر مصرف نوع این نوع کودها است که از دیدگاه افزایش تولید و جنبه‌های اقتصادی بسیار مهم است. تغذیه برگ‌ی روشی جهت کاهش مصرف کودهای شیمیایی و خطرات محیطی آن‌ها می‌باشد. با این روش تغذیه، می‌توان عناصر را در سریع‌ترین زمان در اختیار گیاه قرار داد تا عناصر غذایی به گونه‌ای مستقیم در اختیار شاخه و برگ و یا میوه قرار گیرند (باوریانی، ۱۳۸۱). هنگامی که پدیده آنتاگونیستی^۱ جذب مواد از راه ریشه را دچار اشکال می‌نماید و یا افزودن مواد به خاک، موجودات زنده خاک را از بین می‌برد، تغذیه برگ‌ی اهمیت زیادی پیدا می‌کند (ابوزید و ابوخوا، ۱۹۹۸).

در محلول‌پاشی در سطح برگ موانعی از جمله کوتیکول وجود دارد که جذب مواد ریزمغذی را کاهش می‌دهد. هم‌چنین در صورت کثیف بودن سطح برگ ممکن است قبل از جذب از سطح شاخه و برگ گیاه به پائین سر بخورند و یا در اثر تبخیر از دسترس گیاه خارج شود. به همین دلیل پیشنهاد می‌شود که از یک عامل چسبنده برای افزایش جذب عناصر محلول‌پاشی شده به ویژه آهن توسط برگ گیاه استفاده شود (مورت و ت، ۲۰۰۳). از جمله این مواد افزودنی که در کشاورزی مورد استفاده

1- Antagonist

قرار می‌گیرند، می‌توان به ادجوانت‌ها^۱ اشاره نمود. در واقع ادجوانت‌ها منجر به تغییر و یا افزایش عملکرد عناصر فعال در محصول می‌شوند. سورفاکتانت‌ها^۲ موادی هستند که امولسیون، پراکنش، مرطوب کنندگی و خواص دیگر مایعات را تغییر می‌دهند (جوردن، ۱۹۷۹). سورفاکتانت‌ها تماس بین قطرات اسپری و سطح گیاه را بهبود می‌بخشند و از طریق پخش یکنواخت محلول اسپری روی گیاه، افزایش نگهداری (چسبیدن) قطرات اسپری روی گیاه، جلوگیری از کریستاله شدن رسوبات اسپری، کاهش خشکی و افزایش نگهداری آب در قطرات اسپری، سبب افزایش جذب می‌شوند (تئو و راندال، ۲۰۰۳).

آهن یکی از عناصر ضروری کم مصرف برای رشد گیاهان است و گیاهان آن را به شکل دو ظرفیتی (Fe^{+2}) جذب می‌کنند. این عنصر برای بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژی و زیست شیمیایی از جمله ساخت کلروفیل، واکنش‌های اکسایش و کاهش، فتوسنتز، تنفس و سیستم‌های آنزیمی ضروری است. با اینکه مقدار کل این عنصر در خاک زیاد است، لیکن برخی خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک‌ها از جمله pH قلیایی، کمبود مواد آلی، مصرف بیش از مقدار کودهای فسفردار، دریافت آهن توسط گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد و فراهمی آن را کاهش می‌دهد (رونقی و همکاران، ۲۰۰۲).

با توجه به اهمیت آهن برای انسان و نقش آن در فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاهان و نیز اهمیت حبوبات مخصوصاً لوبیا سبز به عنوان یکی از منابع آهن پژوهش حاضر جهت بررسی تأثیر مواد افزودنی بر جذب عنصر آهن توسط گیاهان اجرا شد.

در این مطالعه به بررسی نقش احتمالی محلول‌پاشی نانو ذره اکسید آهن به همراه مواد افزودنی در

گیاه لوبیا سبز پرداخته شد. در قالب این پژوهش اهداف زیر مطرح و دنبال گردید:

۱- مقایسه تأثیر محلول‌پاشی نانو ذره آهن و آهن معمولی بر رشد و عملکرد لوبیا سبز

۲- تعیین مناسب‌ترین غلظت آهن (معمولی و نانو) برای محلول‌پاشی روی لوبیا سبز

1-ADJUVANTS
2-SURFACTANTS

۳- بررسی میزان جذب آهن توسط برگ لوبیا سبز در شرایط وجود و عدم وجود ماده افزودنی

۴- تعیین مناسب‌ترین نوع ماده افزودنی برای افزایش جذب آهن توسط برگ لوبیا سبز.

فصل دوم

بررسی منابع

در این فصل به ذکر اهمیت حبوبات، معرفی گیاه‌شناختی و زراعی لوبیا سبز، نانو تکنولوژی و نقش آن در کشاورزی و مواد افزودنی پرداخته می‌شود.

۲-۱- لوبیا سبز

۲-۱-۱- اهمیت حبوبات

حبوبات مانند نخود، عدس، لوبیا و باقلا از جمله اولین گیاهان خوراکی هستند که از گذشته‌های بسیار دور در کشورهای شرق مدیترانه کاشته شده و بشر از دانه‌های خشک آن‌ها در رژیم‌های غذایی استفاده می‌کرده است. به‌طور کلی حبوبات دومین گروه مهم محصولات زراعی پس از غلات به شمار می‌روند. حبوبات جزء اصلی رژیم غذایی بسیاری از مردم فقیر جهان را تشکیل می‌دهند چرا که مقادیر قابل توجه پروتئین مرغوب موجود در دانه این محصولات در ترکیب با غلات می‌تواند یک ترکیب زیستی ارزشمند غذایی را فراهم نماید. در کشورهای فقیر و پرجمعیت جهان، نظیر هندوستان، با مصرف سرانه ۱۱/۷ کیلوگرم حبوبات، سهم آن در رژیم غذایی مردم نسبت به سایر کشورها بیشتر است. در کشور ما نیز حبوبات با مصرف سرانه ۴/۸ کیلوگرم، اگرچه مصرف آن از متوسط جهانی (۶/۱ کیلوگرم) پائین‌تر است، ولی در عین حال نقش مهمی در تغذیه مردم کم‌درآمد ایفا می‌نماید. حبوبات با تثبیت زیستی نیتروژن نقش مهمی در حاصل‌خیزی خاک دارند و در حقیقت هر بوته‌ای از حبوبات را می‌توان به تنهایی به عنوان کارخانه کوچکی از کود شیمیایی نیتروژن در نظر گرفت که علاوه بر تأمین نیاز خود به نیتروژن، برای محصول بعد از آن نیز مفید است. هم‌چنین حبوبات منبع عالی برای احشام و حیوانات محسوب می‌شوند. گذشته از ارزش غذایی و تثبیت نیتروژن حبوبات به دلیل بهبود خواص فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک، نقش مهمی در پایداری نظام‌های کشاورزی ایفا می‌نمایند و برای تنوع‌بخشیدن به نظام‌های کشت مبتنی بر غلات که تأمین غذای جهان بر آن استوار است، به عنوان محصولات ممتاز در نظر گرفته می‌شوند (پارسا و باقری، ۱۳۸۷).

منشا این گیاه از آمریکای مرکزی و جنوبی است. بعضی از دانشمندان نوع خودروی آن را (*Aborigineus ssp.*) قدیمی‌ترین نوع لوبیا می‌دانند که از آمریکای جنوبی به آمریکای مرکزی راه یافت. امروزه لوبیا در کلیه مناطق گرمسیر و معتدل کشت می‌شود دو واریته از آن به نام‌های لوبیا پابلند (*var. vulgaris*) و لوبیای پاکوتاه (*var. nanus*) وجود دارد که نوع اخیر از نظر اقتصادی و سطح زیر کشت داری اهمیت بیشتری است (پیوست، ۱۳۸۸).

لوبیا سبز با نام علمی *Phaseolus vulgaris* L. دارای $2n=22$ کروموزوم و گیاهی خودگشن است. این گیاه دارای پنج گونه زراعی و حدود ۵۰ گونه وحشی است. لوبیا گیاهی یکساله، بالا رونده یا بوته‌ای، کمی کرک‌دار، با ریشه عمودی و جانبی توسعه‌یافته و گاهی دارای گره‌های کروی است. ساقه آن گوشه‌دار یا شبه استوانه‌ای است (پارسا و باقری، ۱۳۸۷). در لوبیای پاکوتاه فاصله میان گره‌ها کوتاه باقی می‌ماند و رشد طولی ساقه پس از تشکیل ۶ تا ۸ گره با تولید گل‌آذین در رأس ساقه متوقف می‌شود. در این حالت بوته لوبیا به ۳۰ تا ۴۰ سانتی‌متر می‌رسد. در لوبیای پابلند گل‌آذین در امتداد ساقه تشکیل می‌شود و بدین ترتیب ساقه اصلی می‌تواند تا ارتفاع بیش از ۲ متر نیز رشد کند (پیوست، ۱۳۸۸). برگ‌های لوبیا متناوب و سه قسمتی است. دم‌برگ معمولاً تا ۱۵ سانتی‌متر طول دارد و روی برگ شیاردار است. برگچه‌های پائینی غیر متقارن، معمولاً بیضوی هستند. گل‌آذین محوری یا انتهایی و دارای چند گل به رنگ سفید، صورتی، سوسنی یا ارغوانی است. کاسه گل استکانی و جام گل پروانه‌ای شکل می‌باشد پرچم‌ها به صورت دیادلفوس^۱ (۹+۱) و تخمدان از جوانب فشرده و دارای ۱۲-۴ (معمولاً ۷ عدد) تخمک است. خامه برگشته به سمت بالا و پیچیده شده با یقه‌ای از کرک‌های ظریف زیر کلاله می‌باشد. کلاله بیضوی و غده‌ای است. شکل غلاف خطی حداکثر به طول ۲۰ سانتی‌متر، راست، گاهی کمی منحنی و یا منقار برجسته است. دانه‌ها تخم‌مرغی شکل و به رنگ سیاه و قهوه‌ای

1-Diadelphous

است. جوانه‌زنی بذر به صورت برون‌خاکی^۱ است دوبرگ ابتدایی ساده و متقابل و برگ‌های بعدی متناوب و سه برگچه‌ای می‌باشند (پارسا و باقری، ۱۳۸۷).

۳-۱-۲- مراحل رشد و نمو

در حبوبات رشد و نمو را می‌توان به چهار مرحله فنولوژیکی تقسیم کرد که شامل جوانه‌زنی، رشد رویشی، گل‌دهی و غلاف‌بندی و رسیدگی نهایی می‌باشد. جوانه‌زنی مناسب، نیاز اولیه برای استقرار گیاه است و رشد رویشی شامل شاخه‌دهی و توسعه کانوپی گیاه است. گل‌دهی در غالب حبوبات یک فرآیند پیوسته است که تا مرحله نمو غلاف ادامه دارد. در این گیاهان که گل‌دهی آن‌ها از نوع رشد نامحدود می‌باشد، رشد رویشی حتی در هنگام گل‌دهی و نمو غلاف ادامه می‌یابد و رسیدگی نیز معمولاً با پیر شدن برگ‌ها توأم است. مدت زمان هر یک از مراحل فنولوژیکی بسته به رقم، فتوپریود، دما و آب قابل دسترس متفاوت است (پارسا و باقری، ۱۳۸۷).

۴-۱-۲- سازگاری

لوبیا گیاهی است که می‌تواند در همه جا کشت شود، ولی در زمین‌های شنی، بیش از حد شنی و رسی و در آب و هوای خیلی گرم رشد نمی‌کند. pH خاک نباید زیاد باشد (پارسا و باقری، ۱۳۸۷). در خاک‌هایی که به میزان کمی اسیدی هستند (pH ۵/۵ تا ۶/۵) بهترین رشد را دارد (مبلی و پیراسته، ۱۳۷۳). لوبیا محصول فصل گرم است و برای رشد و نمو به دمایی بین ۱۸ تا ۲۵ درجه سانتی‌گراد نیاز دارد. لوبیا در مقابل سرما حساس است و در دمایی پائین‌تر از ۴ درجه سانتی‌گراد اختلالات متابولیسمی پدید می‌آید. تشکیل گل در لوبیا تحت شرایط طول روز و گرما انجام می‌گیرد. گرده‌افشانی آن اغلب به صورت مستقیم است و ارقامی که در ایران کشت می‌شوند از انواع با طول روز کوتاه هستند. هوای سرد و یا بسیار گرم (بیش از ۳۰ درجه سانتی‌گراد) در زمان گل‌دهی عدم تشکیل

1-Epigil= Epigel

میوه را به دنبال خواهد داشت. گرمای بیش از ۳۰ درجه سانتی‌گراد سبب کوتاه شدن طول غلاف و کاهش تعداد دانه و کاهش وزن دانه نیز می‌گردد. دوره رسیدگی لوبیا نیز تحت این شرایط به تأخیر می‌افتد (پیوست، ۱۳۸۸).

۲-۱-۵- نیاز غذایی

مصرف عناصر ریزمغذی 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 به‌سزایی دارند و این به دلیل وارد شدن این عناصر به قسمت‌های خوراکی این گیاهان مانند گندم، جو، حبوبات و قسمت‌های سبزی و غیره است که به عنوان غذای روزمره مصرف می‌شوند. در مورد تأثیر عناصر ریزمغذی بر رشد و عملکرد حبوبات مختلف یا حتی یکی از حبوبات بررسی کاملی به منظور دستیابی به ظرفیت حبوبات انجام نشده است. با توجه به اینکه عناصر ریزمغذی علاوه بر افزایش تولید، در سلامتی و تندرستی انسان نیز موثر می‌باشد لذا یکی از راه‌های ساده و اقتصادی برای نیل به خودکفایی و جامعه‌ای سالم و تندرست اضافه کردن عناصر ریزمغذی به خاک و یا مصرف آن به صورت محلول‌پاشی می‌باشد تا بدین ترتیب علاوه بر افزایش تولید، غلظت عناصر ریزمغذی را در محصولات کشاورزی افزایش داد (قادری و ملکوتی، ۱۳۸۷).

اگرچه لوبیا در خاک‌های حاصل‌خیز به خوبی به عمل می‌آید اما می‌توان آن‌ها را در گروهی از سبزی‌ها قرار داد که نسبت به کاربرد کودهای شیمیایی کم‌تر واکنش نشان می‌دهند. کاربرد کودهای شیمیایی باید بر اساس نیازهای شناخته شده در خاک باشد (مبلی و پیراسته، ۱۳۷۳).

برای تولید لوبیا پا کوتاه با توجه به مواد غذایی زمین معمولاً حدود ۴۰ کیلوگرم نیتروژن، ۶۰ کیلوگرم فسفات و ۱۲۰ کیلوگرم کودهای پتاسه در هکتار نیاز است. برای لوبیای پا بلند مقدار کود نیتروژن بیشتر و حدود ۱۶۰ کیلوگرم کود پتاس بسته به نوع زمین و مواد موجود در آن در هر

هکتار در نظر می‌گیرند. باید توجه داشت که زمین مورد نیاز باید از نظر منیزیم نیز غنی باشد (مجنون حسینی، ۱۳۸۷).

۲-۱-۶- ارزش غذایی دانه

لوبیا را به صورت سبز و یا خشک تهیه می‌نمایند. نوع سبز آن را ممکن است به صورت تازه و یا کنسرو شده مصرف نمایند. از نظر مواد غذایی و ویتامین‌ها شبیه نخودفرنگی است. لوبیای خشک مملو از پروتئین (۲۰ تا ۳۰ درصد)، ویتامین‌ها، فسفر و آهن است (جدول ۲-۱ و ۲-۲). باید توجه داشت که لوبیا را به صورت خام نباید مورد مصرف قرار داد. زیرا به علت داشتن ماده سمی فاسین^۱ می‌تواند اختلالاتی در دستگاه گوارش و سایر اعضای بدن ایجاد کند. این ماده سمی در اثر پخته شدن لوبیا و نیز در اثر تخمیر اسیدهای معده از بین می‌رود (پیوست، ۱۳۸۸).

جدول ۱-۲- مواد غذایی موجود در لوبیا سبز (گرم در ۱۰۰ گرم دانه)

آب	پروتئین	چربی	کربوهیدرات	مواد سلولزی
۹۰/۳	۲/۴	۰/۲	۵/۱	۱/۹

جدول ۲-۲- املاح معدنی و ویتامین‌های موجود در لوبیاسبز (میلی گرم در ۱۰۰ گرم دانه)

کلسیم	فسفر	آهن	منیزیم	پتاسیم	ویتامین A	ویتامین C	ویتامین B _۱	ویتامین B _۲	ویتامین B _۶
۵۵	۴۰	۰/۸	۲۵	۲۵۰	۰/۳۳	۲۰	۰/۰۸	۰/۱۲	۰/۵۷

1-phasein

۲-۱-۷- عملیات زراعی حبوبات

۲-۱-۷-۱- کاشت

به منظور حصول عملکرد بالا در لوبیا، علاوه بر واریته مناسب بسیاری از عوامل زراعی مانند آماده-سازی خوب زمین، کوددهی مطلوب، حفاظت از گیاه، کنترل علف‌های هرز و تأمین آب اهمیت دارند (باقری و همکاران، ۱۳۸۰). بستر کاشت باید به گونه‌ای فراهم شود که جوانه‌زنی و سبزشدن بذر به سهولت انجام پذیرد و ریشه‌ها بتوانند به آسانی رشد و آب و عناصر غذایی مورد نیاز خود را از خاک جذب نمایند. تاریخ کاشت لوبیا بسیار مهم است و باید به گونه‌ای انتخاب گردد که مرحله حساس رشد لوبیا به ویژه گل‌دهی با گرما و خشکی تابستان مواجه نشود، همچنین رسیدن محصول با سرمای پاییزه برخورد نکند. تاریخ کاشت مناسب انواع لوبیا در مناطق مختلف متفاوت است، با این حال در اغلب آزمایش‌های انجام شده حداکثر عملکرد لوبیا از مزارعی به دست می‌آید که در اوایل و تا اواسط اردیبهشت ماه کشت شده‌اند. لوبیا به یخبندان حساس است و تنها در بهار می‌توان آن را کشت نمود. دماهای بالا در تابستان سبب ریزش گل‌ها و عدم پرشدن غلاف‌ها می‌گردد (پارسا و باقری، ۱۳۸۷). عمق کاشت نباید از ۲ سانتی‌متر بیشتر شود. مقدار بذر مورد نیاز در هکتار حدود ۱۲۰ تا ۱۸۰ کیلوگرم است. معمولاً فاصله ردیف‌ها را ۴۰ تا ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها را ۵ تا ۷ سانتی‌متر می‌گیرند (نظری، ۱۳۸۸).

۲-۱-۷-۲- داشت

با توجه به این که لوبیا نسبت به سله خاک حساس‌ترین سبزی است. پس از سبزشدن، سله‌شکنی فوری لازم است. همچنین آبیاری به موقع در زمان خارج شدن از خاک نیز ضروری است، زیرا ساقه آن در صورت خشک بودن می‌شکند (نظری، ۱۳۸۸). مرحله حساس لوبیا به تنش خشکی از ابتدای گل‌دهی تا مرحله تشکیل غلاف‌ها می‌باشد. کمبود آب در این دوره خسارت زیادی به لوبیا وارد می‌کند. آخرین آبیاری باید طوری انتخاب گردد که حدود ۲۵٪ از غلاف‌های لوبیا رسیده باشد (پارسا و

باقری، ۱۳۸۷). بیشترین نیاز غذایی لوبیا بین گل‌دهی و برداشت است. همانند نخودفرنگی نیاز به کود حیوانی مستقیم ندارد و می‌توان کود را به محصول قبلی داد. نیاز غذایی لوبیا پابلند نسبت به پاکوتاه بیشتر است. به علت حساسیت لوبیا به نمک باید نیتروژن را در دو مرحله، یکی پیش از کاشت و دیگری به صورت سرک در مرحله گل‌دهی داد (نظری، ۱۳۸۸).

۲-۱-۷-۳- برداشت

دوره کامل رشد لوبیا در ارقام مختلف آن‌ها متفاوت است. به‌طور متوسط در انواع مختلف لوبیا از کاشت تا رسیدگی کامل حدود ۹۰ تا ۱۲۰ روز طول می‌کشد (پارسا و باقری، ۱۳۸۷). برداشت به موقع موجب افزایش کیفیت می‌شود. برخلاف نخودفرنگی غلاف‌های لوبیا می‌تواند به مدت طولانی‌تری نگهداری شود. در نوع پاکوتاه معمولاً ۲۰-۳۰ تن عملکرد در هکتار دارد (نظری، ۱۳۸۸). لوبیا در ایران و اکثر کشورهای دنیا به‌صورت سبز به مصرف تغذیه می‌رسد و باید آن را در زمانی که نیام‌ها هنوز کاملاً سبز و دانه‌های آن نیز سبز می‌باشد و به حد نهایی بزرگی خود نرسیده برداشت کرد. میزان محصول یک هکتار لوبیا در حدود ۱۰۰۰ تا ۲۰۰۰ کیلوگرم خواهد بود (کریمی، ۱۳۷۵).

۲-۲- نانو تکنولوژی

۲-۲-۱- کاربرد نانو در کشاورزی

افزایش نیاز به تولیدات کشاورزی اکولوژیک همراه با افزایش تقاضای مواد خام گیاهی برای تولید غذا، استفاده از برخی شاخه‌های صنعت در تحقیقات جدید و اتخاذ تصمیمات ایمن برای افزایش تولیدات کشاورزی را ضروری می‌سازد. تغییرات ایجاد شده در طبیعت در اثر دخالت‌های انسان در خاک، آب و جو بدلیل استفاده از مواد شیمیایی مختلف برای افزایش بهره‌وری گیاهان منجر به جستجو جهت پیدا نمودن روش‌های جدید شده‌است (آلادجیان، ۲۰۰۷). یکی از راه‌کارهای جدید برای افزایش امنیت غذایی استفاده از فناوری نانو می‌باشد (موسوی و رضایی، ۲۰۱۱). مواد تولید شده

براساس فناوری نانو علاوه بر ایمنی بهداشتی بالاتر دارای قیمت کمتر و کیفیت بالاتر می‌باشد. در سال‌های اخیر تحقیقات در حوزه فناوری نانو به طور چشم‌گیری افزایش یافته است به طوری که در آینده نه چندان دور بسیاری از نانو ابزارها جزئی از زندگی روزمره خواهند شد. در حال حاضر بهره‌برداری از فناوری نانو در علوم پزشکی، مواد و الکترونیک آغاز شده است و این موجب شده که محققان در حوزه‌های مختلف علوم از جمله کشاورزی به بررسی پتانسیل کاربردی این علم گرایش پیدا کنند. در عرصه کشاورزی، فناوری نانو منجر به تغییرات شگرفی در استفاده از منابع طبیعی، انرژی و آب، امکان بازیافت مواد و استفاده مجدد از آن‌ها می‌شود و پساب‌ها و آلودگی‌ها را کاهش خواهد داد (واراد و داتا، ۲۰۰۶).

نانوتکنولوژی دستکاری در ساختمان گروهی یا شخصی اتم‌ها، مولکول‌ها یا گروه مولکول‌ها و تولید مواد با خصوصیات جدید و متفاوت است. در بیشتر اصطلاحات فنی کلمه نانو به معنی 10^{-9} یا یک بیلیون از چیزی است. کلمه نانوتکنولوژی معمولاً برای موادی با اندازه ۰/۱ تا ۱۰۰ نانومتر استفاده می‌شوند. نانوتکنولوژی این پتانسیل را دارد که صنعت کشاورزی و غذا را با ابزارهای جدید برای درمان مولکولی بیماری‌ها، سرعت کشف بیماری، افزایش توانایی گیاهان برای جذب مواد غذایی و غیره تغییر دهد (موسوی و رضایی، ۲۰۱۱). در سال‌های اخیر تحقیقات مختلفی در مورد تأثیر نانومواد روی جوانه‌زنی و رشد گیاهان با هدف ارتقاء استفاده برای کاربرد کشاورزی مورد مطالعه قرار گرفته است. زنگ و همکاران (۲۰۰۵) در مطالعه خود روی تأثیر نانو TiO_2 در اسفناج گزارش کردند که بذرهایی که با نانو TiO_2 تیمار شده بودند گیاهانی تولید کردند که وزن خشک آن‌ها ۷۳٪ بیشتر بود. در آزمایش ترکیبی از ذرات نانو SiO_2 و TiO_2 فعالیت نیترات ردوکتاز را در سویا افزایش داد و توانایی جذب و استفاده از آب و کود را تشدید نمود (لئو و همکاران، ۲۰۰۲). صالحی و تمسکنی (۱۳۸۷) نشان دادند که تیمار نانو نقره (۵۰ میلی‌گرم بر لیتر) سبب افزایش درصد جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه و ریشه‌چه و در نهایت بهبود استقرار گندم گردید.

کودهای شیمیایی، نقش اساسی را در افزایش تولید محصولات دانه‌ای در کشورهای در حال توسعه جهان خصوصاً پس از معرفی ارقام زراعی پرمحصول و کودپذیر طی وقوع انقلاب سبز بر عهده داشته‌اند (شاویو، ۲۰۰۰). این در حالی است که مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی نیتروژنه و فسفره، منابع آبی جهان را تحت تأثیر قرار داده است و منجر به بروز فرآیند مردابی شدن در اکوسیستم‌های آبی می‌شود. یکی از مهم‌ترین کاربردهای فناوری نانو در زمینه‌ها و گرایش‌های مختلف کشاورزی در بخش آب و خاک، استفاده از نانوکودها برای تغذیه گیاهان می‌باشد (رضایی و همکاران، ۱۳۸۸). در این راستا استفاده از نانوکودها به منظور کنترل دقیق آزادسازی عناصر غذایی می‌تواند گامی موثر در جهت دستیابی به کشاورزی پایدار و سازگار با محیط زیست باشد (کوی و همکاران، ۲۰۰۶). از جمله مزایای استفاده از نانوکودها در مقایسه با کودهای مرسوم می‌توان به افزایش راندمان و کیفیت منابع غذایی به‌واسطه سرعت جذب بالاتر، عدم اتلاف کودها به‌وسیله آبشویی و جذب کامل کود به‌وسیله گیاه به دلیل رهاسازی عناصر غذایی کود با سرعت مطلوب در تمام طول فصل رشد، کاهش قابل توجه آلودگی خاک، ذخایر آبی و محصولات غذایی به‌واسطه کاهش آبشویی کودها، کاهش میزان فشرده‌گی خاک و سرعت از دست رفتن کیفیت آن، کاهش مسمومیت گیاهی و تنش ناشی از وجود غلظت‌های بسیار بالای موضعی نمک در خاک، افزایش عملکرد به‌واسطه وضعیت تغذیه‌ای مطلوب گیاه، بهبود خواص انبارداری و سهولت جابه‌جایی کود اشاره کرد (نادری و شهرکی، ۱۳۹۰). گزارش شده است که میانگین وزن تر اندام‌های هوایی با غلظت‌های مختلف نانوکود کلات آهن افزایش می‌یابد به‌طوری‌که استفاده از ۴ کیلو در هکتار نانوکود در مقایسه با شاهد موجب افزایش ۵۸ درصدی وزن تر گردید (لادن‌مقدم و همکاران، ۲۰۱۲). افزایش در جوانه‌زنی، وزن خشک گیاه، تشکیل کلروفیل، فعالیت آنزیم روبیسکو و سرعت فتوسنتز در اسفناج در اثر تیمار با نانوآکسید تیتانیوم مشاهده شد (گائو و همکاران، ۲۰۰۶، زانگ و همکاران، ۲۰۰۵). اختیاری و همکاران (۱۳۸۸) آزمایشی روی گیاه رازیانه در غلظت‌های صفر، ۴۰، ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر از محلول نانو

نقره انجام دادند و بیان داشتند که نانو نقره روی جوانه‌زنی و خصوصیات رشدی این گیاه تأثیر مثبت دارد. استفاده از نانوکربنات کلسیم در مقایسه با اسید هیومیک و کودهای آلی منجر به پنجه‌زنی بیشتر بادام‌زمینی گردید. غلظت کم نانو کربنات کلسیم سبب افزایش تعداد برگ، سطح برگ، وزن خشک، قندهای قابل حل و پروتئین شد (لیو و همکاران، ۲۰۰۵). نظران و همکاران (۱۳۸۸) در بررسی اثر زمان محلول‌پاشی نانوکود کلات آهن بر خصوصیات کمی و کیفی گندم دیم به این نتیجه رسیدند که محلول‌پاشی نانو کود کلات آهن در مرحله ساقه‌دهی 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.

۲-۳- مواد افزودنی

۲-۳-۱- ادجوانت

کوتیکول که همه قسمت‌های گیاه را می‌پوشاند یک مانع محدود کننده برای مبادله آب و یون‌ها بین گیاه و محیط اطراف است (اسچونر و اسپریر، ۲۰۰۴). کوتیکول از قسمت‌های اصلی کوتین، موم کوتیکولی و پلی‌ساکاریدها ساخته شده است بنابراین هر دو خصوصیت آب‌گریزی و آب‌دوستی را نشان می‌دهد (پاپ و همکاران، ۲۰۰۵). در چهار دهه اخیر تحقیقاتی در مورد جذب شیمیایی محلول‌پاشی، مخصوصاً روی نفوذ از طریق کوتیکول مورد توجه قرار گرفته است (اسچونر، ۲۰۰۲). مولکول‌ها از طریق کوتیکول به وسیله انحلال و انتشار در حوزه کوتین و کوتیکول مومی ساخته شده از چربی بدون هزینه عبور می‌کنند، در حالی که گونه‌های یونی غیر قابل حل در چربی قادر به عبور از طریق غشای لیپیدی نیستند و فقط از طریق منافذ آبدار انتقال می‌یابند (اسچونر، ۲۰۰۰). راه‌های جذب آهن در برگ‌ها هنوز کامل شناخته نشده است (فرناندز و ابرت، ۲۰۰۵). اسچونر و همکاران (۲۰۰۵) در استفاده ترکیبات متفاوت آهن و غشای کوتیکولی نیشکر مشاهده کردند که همبستگی بین توده مولکولی و سرعت نفوذ و هم‌چنین دما (از ۱۵ تا ۳۰ درجه) در فرآیند نفوذ تأثیری ندارد. به

علاوه نفوذپذیری غشای کوتیکولی با افزایش غلظت کلات آهن کاهش یافته است، مهم‌ترین احتمال این است که کلات آهن اندازه روزنه‌های آبدار را کاهش می‌دهد.

ادجوانت‌ها از جمله مواد افزودنی استفاده شده در کشاورزی می‌باشند که به منظور تغییر یا بهبود عملکرد عناصر فعال در یک فرآورده برای کنترل آفت و بیماری به کار برده می‌شوند. ادجوانت‌ها بر اساس وظیفه به دو دسته ادجوانت‌های فعال و ادجوانت‌های سودمند طبقه‌بندی می‌شوند. ادجوانت‌های فعال در افزایش فعالیت علف‌کش‌ها، اغلب از طریق افزایش سرعت جذب علف‌کش در گیاه هدف موثر هستند. ادجوانت‌های سودمند که اغلب اصلاح‌کننده اسپری نامیده می‌شوند از طریق تغییر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مخلوط اسپری برای بهبود کاربرد آن‌ها، توانایی باقی ماندن در سطح گیاه هدف و ماندگاری در محیط عمل می‌کنند (مک ورتز، ۱۹۸۲). صدها ادجوانت در دسترس است و انتخاب بهترین آن‌ها به گونه گیاه هدف، مرحله فنولوژی آن، شرایط مکان، شرایط محیطی رایج و روش کاربرد و غیره بستگی دارد (تئو و راندال، ۲۰۰۳). سورفاکتانت‌ها یکی از ادجوانت‌های فعال هستند که به صورت گسترده استفاده می‌شوند و احتمالاً از همه ادجوانت‌ها مهم‌ترند (میلر و وسترا، ۱۹۹۸). نام آن‌ها از عوامل فعال سطحی (**surface active agents**) گرفته شده است و این ترکیبات حلالیت، پراکندگی، پخش، چسبندگی، خصوصیات رطوبتی علف‌کش را تسهیل یا افزایش می‌دهند. سورفاکتانت‌ها از طریق پخش یکنواخت محلول اسپری روی گیاه، افزایش باقی ماندن قطرات اسپری روی گیاه، افزایش نفوذ از طریق پوست و مو و سایر ساختارهای سطح برگ، جلوگیری از کریستاله شدن اسپری و افزایش باقی ماندن آب در قطرات اسپری تماس بین قطرات اسپری و سطح گیاه را بهبود و جذب را افزایش می‌دهند (تئو و راندال، ۲۰۰۳). سورفاکتانت‌ها در همه قسمت‌ها انرژی را تغییر می‌دهند که به موجب آن کشش سطحی را کاهش (روسن، ۱۹۷۸) و جذب ترکیبات فعال بیولوژیکی محلول‌پاشی شده را افزایش می‌دهند (آتود و فلورنس، ۱۹۸۳).

سورفاکتانت‌ها مولکول‌های آلی هستند، اغلب اوقات به علت داشتن یک سر آب‌دوست و یک دنباله آب‌گریز به عنوان مولکول‌های دو طرفه معروفند. سورفاکتانت‌ها در بین ترکیباتی با حلالیت مختلف از

طریق کاهش کشش سطحی مایع عمل می‌کنند (بانکس، ۲۰۱۱). این مواد در سال‌های اخیر به صورت گسترده به‌منظور بررسی تأثیرات مختلف روی محیط مطالعه شده‌اند. آن‌ها در کمک به بهبود کمیت گیاهان از طریق کاهش حشرات و علف‌های هرز سابقه مثبت دارند. البته در حالت عمومی استفاده سورفاکتانت‌ها در محلول اسپری از نظر اکولوژیکی قابل پذیرش نیست (هافد، ۲۰۰۱). مصرف بالای سورفاکتانت در موجودات آبی تأثیر منفی دارد (مان و بیدول، ۲۰۰۱). معرفی سورفاکتانت‌ها در محیط خاک ممکن است به علت بعضی واکنش‌های شیمیایی آن‌ها مثلاً دخالت در انتقال مواد مغذی و کاهش کیفیت خاک برای میکروارگانیزم‌ها باشد (بانکس، ۲۰۱۱). سورفاکتانت‌ها به میزان زیاد در صنایع مختلف مثل کشاورزی، داروسازی، آرایشی برای بهبود خصوصیات انتشاری استفاده می‌شوند. مویان‌ها معمولاً کشش سطحی پاشش را کاهش می‌دهند و متعاقباً موجب کاهش زاویه تماس با سطح برگ شده و خیس شدن بهتر سطح برگ را سبب می‌شوند. چنین خصوصیتی موجب جذب ماده موثر بیشتر از طریق روزنه و هم از طریق کوتیکول را فراهم می‌کند. بنابراین افزایش نفوذ بیشتر ماده موثره به درون گیاه به‌وسیله مویان‌ها موجب افزایش کارایی محلول‌پاشی علف‌کش‌ها می‌گردد و می‌تواند به عنوان راهکارهای مناسب برای کاهش میزان مصرف علف‌کش محسوب شود (پنر، ۲۰۰۰). ادینگ و براون (۱۹۶۷) در مطالعات خود نشان دادند که افزودن سورفاکتانت‌ها منجر به افزایش جذب از طریق برگ در گیاه سورگوم و لوبیا قرمز شد.

۲-۴- آهن

۲-۴-۱- نقش آهن در سلامتی انسان

آهن یکی از مواد معدنی کم‌مصرف می‌باشد که از نظر تغذیه دارای اهمیت فراوانی است. این عنصر اولین بار به عنوان یکی از اجزای بافت‌های بدن در سال ۱۷۱۳ میلادی شناخته شد. در واقع کمبود آهن شایع‌ترین بیماری تغذیه‌ای جهان می‌باشد (آرمین، ۱۳۹۱).

آهن به عنوان یک ترکیب ضروری برای رنگدانه هموگلوبین، در سلول‌های قرمز خون یافت می‌شود. به انتقال اکسیژن به همه قسمت‌های بدن کمک می‌کند و برای زندگی ضروری است. اگر جذب آهن کم باشد مقدار هموگلوبین در سلول‌های قرمز پائین می‌آید و منجر به کم‌خونی می‌شود. هم‌چنین آهن برای سوخت و ساز ویتامین B ضروری است (ضیائی‌ان، ۱۳۸۲). علائم کمبود آن شامل خستگی، احساس سرما و عدم تمرکز است. میزان نیاز به آهن بر اساس سن، جنس و وضعیت فیزیولوژیکی افراد متفاوت است (برسامین، ۲۰۰۴). علت اصلی کم‌خونی در کشورهای در حال توسعه دریافت کم آهن از طریق غذا و زیست‌فراهمی پائین آهن دریافتی است. راهبردهای کاهش کم‌خونی شامل مکمل‌یاری، غنی‌سازی و بهبود الگوی تغذیه است. افزایش زیست‌فراهمی آهن می‌تواند اثر مهمی بر افزایش کیفیت آهن دریافتی از طریق غذا داشته باشد (کرید کاناشیرو و همکاران، ۲۰۰۰). در حال حاضر در کشور ما برنامه غنی‌سازی آرد با آهن و اسیدفولیک در حال اجراست و در گروه دختران دبیرستانی مکمل‌یاری با آهن نیز انجام می‌گیرد ولی با این حال کم‌خونی آهن هم‌چنان باقی است.

۲-۴-۲- نقش آهن در تغذیه گیاه

آهن یکی از شانزده عنصر ضروری برای رشد و تکثیر گیاه است. آهن یک ریزمغذی است و به مقدار کم برای گیاه مورد نیاز می‌باشد. این عنصر در خاک بیشتر به فرم اکسید فریک (Fe_2O_3) یا همتایت یافت می‌شود که معمولاً غیر قابل حل هستند و منجر به رنگ قرمز خاک می‌شوند. فرم اکسید معمولاً هیدرات شده است. در خاک‌های هوازی فرم‌های اکسید، هیدروکسید و فسفات غلظت آهن در محلول را تنظیم و برای گیاه قابل استفاده می‌سازد (هوچموس، ۲۰۱۱).

در بیش‌تر خاک‌های ایران pH بالا و هم‌چنین آهکی است. در این نوع خاک‌ها حلالیت ریزمغذی‌ها پائین است و به همین دلیل جذب این عناصر کم و در نهایت نیاز گیاهان به این عناصر افزایش می‌یابد (موسوی، ۲۰۱۱). هم‌چنین استفاده نامنظم از کودهای فسفات در خاک‌های فقیر از ریزمغذی‌ها

مثل آهن، روی، و منگنز دلیلی برای تحمیل کمبود این عناصر است، بنابراین غلظت این ریزمغذی‌ها در تولیدات گیاهی و وزن خشک کاهش می‌یابد (عبدو و همکاران، ۲۰۱۱). با افزایش کاربرد کودهای شیمیایی و به عبارت دیگر افزایش هزینه کوددهی و وابستگی آن‌ها به سوخت‌های فسیلی، آلودگی آب، خاک و هوا و بی‌خبری در استفاده از این کودها مسئله‌ای است که باید با روش‌های مناسب حل شود (موسوی، ۲۰۱۱). آهن چهارمین عنصر فراوان در پوسته خاک است، اما به علت حلالیت پائین مواد معدنی آهن‌دار در بسیاری از مکان‌های جهان به‌خصوص در مناطق خشک با خاک‌های قلیایی این مقدار بسیار کم است یا برای گیاهان و میکروارگانیسم در دسترس نیست.

اگرچه آهن به مقدار کم برای گیاه نیاز است، ولی برای بسیاری از ترکیبات مهم و فرآیندهای فیزیولوژی در گیاهان ضروری است. آهن در فرآیند ساخت کلروفیل درگیر می‌شود و برای بعضی وظایف آنزیم‌ها لازم است. آهن در پروتئین‌های گیاهی آهن‌دار (هم) مانند سیتوکروم یافت می‌شود. سیتوکروم در سیستم انتقال الکترون در کلروپلاست و میتوکندری قرار دارد. این عنصر همچنین در پروتئین‌های بدون هم مانند فرودوکسین نیز شرکت دارد (هوچموس، ۲۰۱۱). سنتز کلروفیل، تیلاکوئید و بسیاری از پروتئین‌های آهن‌دار به این عنصر وابسته است (کابری و همکاران، ۲۰۱۱). گرچه آهن جزئی از مولکول کلروفیل نیست ولی بر مقادیر کلروفیل اثر می‌گذارد زیرا برای تشکیل ساختمان ظریف کلروفیل بایستی آهن موجود باشد. کمبود آهن تعداد و اندازه کلروپلاست را کاهش می‌دهد. به طوری که گزارش شده است گرانا و غشای لاملای کلروپلاست در گیاهان ذرت دچار کمبود آهن، کاهش می‌یابد (استوکینگ، ۱۹۷۵).

۲-۴-۳- تشخیص علائم کمبود یا بیشبود آهن در گیاهان

کمبودها و سمیت مواد غذایی منجر به کاهش سلامتی و حاصل‌خیزی گیاه می‌شود که به صورت علائم غیرعادی و قابل مشاهده در گیاه ظاهر می‌شود. دانستن نقش عنصر ضروری و انتقال در گیاه می‌تواند در تعیین پاسخ برای علائم کمبود و سمیت عناصر غذایی کمک کند (بنت، ۱۹۹۳).

علائم کمبود آهن در برگ‌های جوان ظاهر می‌شود و فضای بین رگبرگ‌ها به رنگ زرد یا سفید تغییر می‌کند که کلروز میان برگی نامیده می‌شود. تغییر شکل فیزیکی قابل توجه‌ای اتفاق نمی‌افتد ولی در چند حالت به علت اینکه آهن در گیاه منتقل نمی‌شود، علائم کمبود در اندام‌های جدید ظاهر می‌شود. حتی ممکن است برگ‌های جوان‌تر به شکل کاملاً سفید و کوتاه درآیند. ممکن است تشخیص علائم کمبود آهن از دیگر مواد مغذی به ویژه Zn در بعضی گیاهان مشکل باشد (سینگ، ۲۰۰۱).

حساسیت به کمبود آهن بین گیاهان بسیار متنوع است. گیاهان مناطق خشک حساسیت کم‌تری به کمبود این عنصر دارند زیرا آن‌ها دارای مکانیسمی هستند که قادرند آهن را در pH بالای خاک حل کرده و جذب نمایند. افزایش سیترات اولین نشانه در کمبود آهن است که به وسیله افزایش در سیترات‌های گلیکو نتیجه می‌شود (اسمیت، ۱۹۹۹). کاهش ارتفاع ریشه‌های افقی یکی از مهمترین تغییرات مورفولوژیکی در شرایط کمبود آهن است. لذا توقف رشد اغلب با کاهش ارتفاع ریشه‌های افقی و افزایش نسبی تعداد ریشه‌ها همراه است (لی و همکاران، ۲۰۰۸). کمبود عنصر آهن اثرات منفی بر فعالیت آنزیم نیتروژناز و تثبیت نیتروژن به وسیله سویا دارد (کالیسکان و همکاران، ۲۰۰۸).

غلظت آهن محلول در خاک‌های غرقاب به دلیل پائین بودن پتانسیل رودکس به صورت پیچیده‌ای افزایش می‌یابد در این شرایط غلظت زیادی از آهن برای گیاه در دسترس است و می‌تواند برای گیاه سمیت ایجاد کند. در این شرایط بافت قهوه‌ای سیاه و ریشه‌های نرم در گیاه علائم سمیت آهن است. به علاوه در غلظت‌های بالای آهن محلول، گیاهان علائم قابل رؤیت شامل شل شدن ریشه، کاهش انشعابات ریشه، افزایش ساقه‌های مرده و خال‌دار شدن برگ‌ها را نشان دهند. گونه‌های گیاهی در مناطق مرطوب با مکانیسم اکسیداز اکسیژن در ناحیه ریشه‌ها از جذب بیش از حد آهن جلوگیری می‌کنند (باتی و یانگر، ۲۰۰۳). کمبود آهن در مرکبات و غلات مشکل عمده تغذیه گیاه در خاک‌های آهکی محسوب می‌شود (پرز-سانز و همکاران، ۲۰۰۲). خاک‌هایی که ظرفیت تبادل کاتیونی پائین، pH کمتر از ۵ و میزان کم پتاسیم، فسفر، روی و منگنز داشته باشند برای سمیت آهن مساعد

هستند. اسیدپته پائین خاک و شرایط غرقابی شالیزارها که سبب احیا آهن سه ظرفیتی به دو ظرفیتی می‌شود، موجب افزایش غلظت آهن در محلول خاک می‌شود که حتی می‌تواند موجب بروز سمیت در برنج گردد (اخوت و وکیلی، ۱۹۹۶).

۲-۵- 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 کودپاشی برگی^۷ 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 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. به عنوان مثال تغذیه برگی عناصر غذایی نظیر آهن، منگنز و مس کارایی بسیار بیشتری نسبت به مصرف آن‌ها در خاک دارد. در خاک، این عناصر به وسیله ذرات خاک جذب می‌شوند و قابلیت دسترسی به آن‌ها کاهش می‌یابد (کافی و همکاران، ۱۳۸۳). زمانی که مواد غذایی به روی شاخه و برگ استفاده شود نسبت به حالت کاربرد در خاک به میزان کود کمتری نیاز است. خطر فیکس شدن و آبشویی در این حالت نیز کاهش می‌یابد. در این حالت معمولاً کوددهی همزمان با حشره‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها و ... استفاده می‌شود و هزینه کارگری و ماشین آلات کاهش می‌یابد، در نتیجه هزینه تولید کاهش می‌یابد. محلول پاشی اغلب برای زمانی که نیاز به کاربرد فوری مواد مغذی به ویژه در میزان کم و با حلالیت بالا باشد، روشی مناسب است (عبد هادی، ۱۹۸۶). برای موفقیت تغذیه برگی، باید از خسارت برگ‌ها جلوگیری به عمل آورد. اگر محلول پاشی کود در یک روز بسیار گرم که میزان تبخیر زیاد است صورت گیرد، نمک‌ها ممکن است روی سطح برگ تجمع یابند و موجب چروکیدگی و سوختگی برگ‌ها شوند. برای جلوگیری از این مشکل باید از غلظت پائین نمک‌ها

7- Foliar application

استفاده شود و محلول پاشی در هوای خنک و یا هنگام عصر انجام شود (کافی و همکاران، ۱۳۸۳). در محلول پاشی میزان کاربرد عناصر نسبت به استفاده برای خاک کمتر است، به آسانی و به صورت یکنواخت مصرف می شود و همچنین محلول پاشی در پاسخ به کمبود ریزمغذی و پس از مشاهده علائم کمبود به کار برده می شود. بنابراین در تمام فصل رشد می تواند استفاده شود (مورت و ت، ۲۰۰۳). موررت و ت (۱۹۸۶) اعلام کرد محلول پاشی آهن در چغندر قند روش موثری برای جبران کمبود آهن است و نسبت به روش مصرف خاکی تأثیر بیش تری دارد. همچنین ساروار (۱۹۹۴) نشان داد که محلول پاشی بور، روی، آهن و منگنز تعداد پنجه ها، تعداد و طول میانگره ها، قطر ساقه و ارتفاع نیشکر را نسبت به شاهد افزایش داد. این موضوع نشان دهنده ی توان جذبی بالاتر برگ ها و استفاده از این عنصر در افزایش میزان رنگیزه ها و توان فتوسنتزی گیاه است. در تحقیقی روی لوبیا، محلول پاشی عناصر نسبت به مصرف کود در خاک بیش ترین میزان آهن، روی و منگنز در برگ ها را موجب گردید. همچنین محلول پاشی آهن و روی سبب افزایش میزان این عناصر در بذر نسبت به سایر روش های مصرف شد (کاظمی پشت مساری و همکاران، ۲۰۰۸).

مشکل اصلی در محلول پاشی، سوختگی برگ است. اگر فشار اسمزی محلول برگ پاشی بیش از فشار اسمزی شیره سلولی باشد، آب از نسوج گیاهی خارج و سوختگی حاصل می گردد (ملکوتی و همایی، ۱۳۸۳). نتایج اردال و همکاران (۲۰۰۴) نشان دادند که محلول پاشی آهن منجر به افزایش رشد و متابولیسم توت فرنگی می گردد.

۲-۶- تأثیر آهن بر رشد و نمو و عملکرد گیاهان

۲-۶-۱- سطح برگ

سطح برگ کانوپی شاخصی مهم و مؤثر در جذب تشعشع و تعیین عملکرد بیولوژیکی است. سطح برگ به ژنتیک، خصوصیات زراعی و شرایط آب و هوایی وابسته است (ابراهیمیان و بیوردی، ۲۰۱۱). عملکرد ماده خشک کل نتیجه کارایی جامعه گیاهی از نظر استفاده از تشعشع خورشید در طول فصل

رشد است، در این ارتباط جامعه گیاهی نیاز به سطح برگ کافی دارد تا سطح زمین را کاملاً بپوشاند. افزایش سطح برگ و رسیدن به شاخص سطح برگ بحرانی که موجب می‌شود هرچه زودتر میزان فتوسنتز و سرعت رشد گیاه به حداکثر برسد، دارای اهمیت است این عوامل تضمین کننده عملکرد زیاد و کاهش رقابت علف‌های هرز نیز می‌شود (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۶).

یارنیا و همکاران (۲۰۱۰) در مطالعه خود در تأثیر کاربرد عناصر غذایی بر تولید چغندر قند نشان دادند که کاربرد سولفات آهن در خاک سبب دستیابی به حداکثر توسعه سطح برگ در تمام دوره رشد می‌شود. خلیلی محله و همکاران (۱۳۸۵) در بررسی اثرات محلول‌پاشی عناصر ریزمغذی آهن، روی و منگنز بر عملکرد و خصوصیات کیفی سورگوم در کشت دوم دریافتند که مصرف این عناصر موجب افزایش درصد پروتئین، ارتفاع بوته، تعداد پنجه در بوته و شاخص سطح برگ گردید.

تیمار آهن بیش‌ترین شاخص سطح برگ را در گیاه ذرت علوفه‌ای در مقایسه با سایر تیمارها تولید کرد که این عکس‌العمل نقش آهن را در افزایش میزان کلروفیل نشان می‌دهد که به دنبال آن فتوسنتز گیاه افزایش می‌یابد که خود منجر به افزایش بیش‌تر شاخص برگ می‌گردد (سلیمانی و همکاران، ۱۳۹۰) ضیائی‌ان و ملکوتی (۱۳۷۷) نیز بیان داشتند که نقش آهن، روی و منگنز در افزایش سطح برگ ذرت بیش از سایر عناصر ریزمغذی است.

۲-۶-۲- تجمع ماده خشک

کمبود آهن سبب کاهش سنتز کلروفیل، سطح برگ، وزن تر و خشک برگ و رشد شاخه‌های جدید می‌شود و در نهایت سبب تأخیر در گل‌دهی و پائین آمدن عملکرد می‌گردد (نایجار، ۱۹۹۰). در مطالعات خلیلی محله و رشدی (۱۳۸۷) بیش‌ترین عملکرد برگ خشک ذرت با میانگین ۳/۴۱۹ تن در هکتار در تیمار آهن و روی به دست آمد که در کنار تیمار آهن و روی و منگنز با میانگین ۳/۳۳۱ اختلاف معنی‌داری نداشت. کم‌ترین عملکرد برگ خشک با ۲/۲۱۷ تن در هکتار مربوط به تیمار شاهد بود. کاربرد آهن روی اندام‌های هوایی ژنوتیپ‌های مختلف سویا سبب افزایش معنی‌دار در اندام‌های

هوایی سه رقم بلک‌هاک، الجین و آ ۳۲۳۷۸ شد (قاسمی فسایی و همکاران، ۲۰۰۳). در آزمایش دیگر اثر محلول‌پاشی عناصر کم مصرف آهن و روی و ترکیب این دو عنصر بر متوسط ارتفاع، میزان ماده خشک قسمت‌های هوایی و میانگین سطح برگ گیاه در ژنوتیپ‌های مختلف سویا در مرحله برداشت از نظر آماری معنی‌دار ($p < 0.05$) بود (موسیوند و همکاران، ۱۳۸۸).

نتایج بررسی صفات رشدی گیاه برنج در طول دوره رویشی نشان داد که بیش‌ترین وزن و رشد بهینه در تیمار ۱۰ میلی‌گرم در لیتر آهن مشاهده شد. کمبود آهن در تیمارهای صفر و ۲ میلی‌گرم در لیتر آهن سبب کاهش معنی‌دار وزن تر و خشک و طول این گیاه شد (کیانی چالمردی و عبدالزاده، ۱۳۹۱). در آزمایش ژابین و احمد (۲۰۱۱) محلول‌پاشی عناصر پتاسیم، آهن و بور ارتفاع، وزن خشک اندام‌های هوایی و غلظت آهن در اندام‌های هوایی آفتابگردان را افزایش داد. محلول‌پاشی عناصر آهن، روی و منگنز نیز سبب افزایش ارتفاع، وزن خشک اندام‌های هوایی و محتوای کلروفیل در برنج گردید (زید و همکاران، ۲۰۱۱). در نتایج شیخ بگلو و همکاران (۲۰۱۰) مشاهده گردید که کاربرد نانو اکسید آهن ۰/۷۵ گرم در لیتر نسبت به تیمارهای دیگر بیش‌ترین تأثیر را در وزن خشک غلاف (۰/۴۸ گرم) دارد. همچنین در پژوهشی دیگر، بر اساس نتیجه مقایسه میانگین بالاترین وزن خشک اندام‌های هوایی با میانگین ۳/۷ تن در هکتار در تیمار ۴ کیلو کود نانو آهن در اسفناج نوع Virofly و کمترین وزن خشک اندام‌های هوایی در هر دو نوع اسفناج در عدم استفاده از کود نانو مشاهده شد (لادن مقدم و همکاران، ۲۰۱۲). ماریوتی و همکاران (۱۹۹۶) در آزمایشی گلدانی روی ذرت و آفتابگردان با به کاربردن آهن در سطوح مختلف نشان دادند که کمبود آهن وزن خشک برگ، سطح برگ، غلظت آهن در دانه و میزان کلروفیل را کاهش می‌دهد.

۲-۶-۳- ارتفاع

در گیاه آفتابگردان محلول‌پاشی آهن و روی در مراحل مختلف، تأثیر معنی داری بر ارتفاع بوته داشته است (دیندوست و همکاران، ۱۳۸۶). المجید و همکاران (۲۰۰۰) با بررسی اثرات برگ‌پاشی

ریزمغذی‌ها بر عملکرد و کیفیت گندم در خاک‌های رسی مصر نتیجه گرفتند که برگ‌پاشی عناصر آهن، روی و منگنز ارتفاع بوته را افزایش داد ولی مس اثر کمتری بر این صفت داشت. گزارش شده است که فراهم آوری عنصر آهن موجب افزایش در خصوصیات ارتفاع گیاه، شاخص سطح برگ، طول بلال، قطر بلال، تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف، وزن هزاردانه، عملکرد در واحد سطح، شاخص برداشت و میزان پروتئین دانه ذرت گردید و فاصله تعداد روز تا مرحله ظهور گل نر را کاهش داد (رحیمی و مظاهری، ۱۳۸۷). کاربرد توام آهن و روی بیش‌ترین طول ساقه گندم با میانگین ۱۱۷/۷۲۸ سانتی‌متر را به خود اختصاص داد (قربانی و همکاران، ۱۳۸۹). مصرف ۶/۷ کیلوگرم Fe-EDDHA در هکتار سبب افزایش معنی‌دار ارتفاع، تعداد دانه در بوته و عملکرد دانه سویا شد، اگرچه تأثیر کوددهی آهن در ارقام متحمل به کمبود آهن در مقایسه با رقم‌های حساس به کمبود آهن متفاوت بود (وایرسما، ۲۰۰۵). در برخی منابع بر نقش اساسی آهن در تعداد گرانای کلروپلاست تأکید شده است. بیان شده است که در اثر کمبود آهن اندازه کلروپلاست کاهش می‌یابد و در نهایت در اثر کاهش فرآورده‌های فتوسنتزی منجر به کاهش ارتفاع گیاه می‌شود (سومر، ۱۹۹۵). ویتی و چامبلیس (۲۰۰۵) بیان کردند مصرف برگی عنصر ریزمغذی آهن موجب افزایش ارتفاع ساقه و در نتیجه عملکرد ماده خشک ذرت شده است.

۲-۶-۴- قطر ساقه

نتیجه تجزیه واریانس انجام شده در مورد قطر ساقه ذرت سیلویی در مطالعات خلیلی محله و رشدی (۱۳۸۷) نشان داد که زمان مصرف کود تأثیر معنی‌داری بر قطر ساقه ندارد ولی نوع کود مصرفی تأثیر معنی‌داری داشت. بیش‌ترین قطر ساقه با میانگین ۱۷/۶ میلی‌متر در تیمار کودی F₅ (محلول‌پاشی آهن + روی) به دست آمد. بهبود شرایط تغذیه‌ای و نقش مثبت آهن و روی می‌تواند در فتوسنتز و عملکرد فتوسیستم‌های نوری در افزایش شاخص‌های رشد از قبیل قطر ساقه موثر باشد (ملکوتی و طهرانی، ۱۹۹۹). در آفتابگردان بیش‌ترین قطر ساقه معادل ۲/۳ سانتی‌متر در ترکیب

تیماری آهن صفر و ۴۰ کیلوگرم روی و کمترین مقدار آن با ۱/۴ سانتی‌متر در ترکیب تیماری آهن صفر و روی صفر به دست آمد و کاربرد توأم این دو ریز مغذی سبب کاهش قطر ساقه شد (پیروی، ۱۳۸۰).

۲-۶-۵- انشعابات جانبی

گزارش‌های متعددی در خصوص تأثیر عناصر ریز مغذی بر انشعابات جانبی وجود دارد به عنوان مثال طی آزمایشی روی لوبیا چشم بلبلی بیش‌ترین تعداد انشعابات جانبی (حدود ۵/۵ انشعاب) در گیاهانی مشاهده شد که فقط تیمار نانوآهن ۰/۵ گرم در لیتر را دریافت کرده بودند. البته بین این تیمار و ترکیب تیماری آهن معمولی ۰/۲۵ گرم در لیتر × نانومنیزیم اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (دلفانی، ۱۳۹۰). طی آزمایشی در مورد کاربرد عناصر غذایی کم‌مصرف (آهن، روی و بور) در گیاه گلرنگ نیز بیش‌ترین عملکرد دانه، کاه و کلش، ارتفاع گیاه، وزن هزاردانه و تعداد شاخه‌های فرعی مربوط به تیمار آهن بود (کمرکی و گلوی، ۱۳۸۵). هم‌چنین بیش‌ترین تعداد ساقه در هر گیاه بادمجان با میانگین ۳/۰۵ ساقه مربوط به محلول‌پاشی ۲ گرم در لیتر محلول‌پاشی نانو کود کلات آهن بوده است (بزرگی، ۲۰۱۲). در آزمایشی که توسط پیرزاد و همکاران (۱۳۹۲) روی گیاه آنیسون انجام شد بیش‌ترین تعداد شاخه فرعی (۱۰/۶) در سطح آهن ۶ در هزار و کم‌ترین تعداد شاخه فرعی (۸/۶) در سطح آهن صفر به دست آمد. بیان شده است که با مصرف عناصر ریز مغذی آهن و روی فعالیت فتوسنتزی گیاه افزایش می‌یابد که سبب توسعه پوشش گیاهی و افزایش شاخه و برگ می‌شود (کوچکی و بنایان اول، ۱۳۷۳).

۲-۶-۶- عملکرد و اجزای عملکرد

کاربرد مقدار خیلی کمی از ریزمغذی‌ها به خصوص روی، آهن و منگنز به شکل محلول‌پاشی سبب افزایش عملکرد گیاهان می‌گردد (ویسووا و همکاران، ۲۰۰۸). دیندوست و همکاران (۱۳۸۶) طی یک

بررسی گزارش کردند محلول پاشی آهن و روی در مراحل مختلف بر صفاتی مانند عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، شاخص برداشت و عملکرد روغن آفتابگردان تأثیر معنی داری داشت. مرشدی و همکاران (۱۳۷۹) اظهار داشتند، با محلول پاشی آهن در دو مرحله ساقه رفتن و قبل از گل دهی افزایش در وزن هزار دانه، تولید روغن در واحد سطح و غلظت آهن در دانه اتفاق می افتد. زلفی باوریانی (۱۳۸۴) اظهار داشت، محلول پاشی یک مرحله ای آهن سبب افزایش در عملکرد محصول کلزا نسبت به تیمار شاهد گردید. همچنین حقیقت نیا و رجایی (۱۳۸۲) بیان نمودند تأثیر میزان و روش مصرف عناصر میکرو به ویژه آهن بیانگر نقش مثبت آن ها در افزایش میزان عملکرد دانه و میزان عملکرد اقتصادی کلزا می باشد و نقش مصرف آهن به صورت محلول پاشی بیشتر است. کاربرد عناصر ریز مغذی تأثیر معنی داری بر عملکرد بذر و دیگر صفات مورد بررسی در گیاه چغندر داشت. به طوری که بیشترین عملکرد بذر در واحد سطح با مصرف توأم آهن و روی حاصل گردید (نصیری و همکاران، ۱۳۸۵). همچنین مشاهده شده است که با محلول پاشی آهن (۴ در هزار) در مرحله آغاز ساقه رفتن و آغاز گل دهی کلزا تعداد خورجین حداکثر تا ۱۳۱/۱۱ عدد افزایش یافت (پازکی و همکاران، ۱۳۸۸).

تجزیه همبستگی در مطالعات بابائیان و همکاران (۱۳۸۹) نشان داد که عناصر آهن، روی و منگنز همبستگی مثبت و معنی داری با عملکرد دانه داشتند. به نظر می رسد که این موضوع به دلیل افزایش عملکرد بیولوژیکی، میزان کربوهیدرات ها، پروتئین و کلروفیل بوده است. این عناصر همچنین با کاهش میزان فلورسانس کلروفیل (همبستگی منفی) موجب افزایش کارایی فتوسنتز در گیاه شدند. در آزمایشی دیگر محلول پاشی سویا با نانو اکسید آهن منجر به افزایش عملکرد دانه در واحد سطح شد. بین سطوح مختلف نانو اکسید آهن اختلاف معنی داری وجود داشت، به طوری که بیشترین مقدار افزایش عملکرد مربوط به تیمار ۰/۵۰ گرم بر لیتر نانو اکسید آهن بود که با تیمار ۰/۷۵ گرم بر لیتر اختلاف معنی داری نداشت، ولی با تیمارهای ۰/۲۵ و ۱ گرم بر لیتر نانو اکسید آهن و تیمار شاهد اختلاف معنی داری نشان داد (شیخ بگلو و همکاران، ۱۳۹۰). همانتاراجان و گرای (۱۹۸۸) گزارش کردند که کاربرد عناصر آهن و روی در گندم، به طور معنی داری سبب افزایش عملکرد دانه، وزن

هزاردانه، تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبله در واحد سطح می‌شود. ایشان اضافه کردند که علت افزایش عملکرد و اجزای عملکرد آن در اثر کاربرد آهن و روی، تأثیر این عناصر بر کلروفیل و فتوسنتز است، و افزایش وزن دانه به وسیله آهن ممکن است به علت افزایش سنتز کربوهیدرات باشد. براون و همکاران (۱۹۹۳) نیز نتیجه گرفتند که در اثر کاربرد آهن و روی، میزان کربوهیدرات کل، نشاسته و پروتئین دانه و در نتیجه عملکرد افزایش می‌یابد. مصرف خاکی و برگی عناصر ریزمغذی آهن، روی، منگنز و مس در امر تغذیه ذرت موجب افزایش عملکرد علوفه و نیز عملکرد دانه می‌شود که در این بین نقش مثبت آهن و روی در افزایش عملکرد بیش از نقش منگنز و مس است (ضیائی‌ان و ملکوتی، ۱۳۷۷). نتایج مقایسه میانگین آزمایش بزرگی (۲۰۱۲) نشان داد که بیش‌ترین وزن میوه بادمجان با میانگین ۳۸/۰۳ تن در هکتار و تعداد میوه در هر گیاه با میانگین ۴/۷ میوه مربوط به محلول‌پاشی ۲ گرم در لیتر نانوکود کلات آهن است.

کیخا و همکاران (۱۳۸۴) نشان دادند محلول‌پاشی آهن در آغاز گل‌دهی با میانگین ۴۵۵۷ کیلوگرم در هکتار بیش‌ترین و عدم محلول‌پاشی با میانگین ۴۱۳۶ کیلوگرم در هکتار کم‌ترین میزان عملکرد دانه را در کلزا تولید کردند که این امر به دلیل تأثیر مثبت محلول‌پاشی آهن بر اجزای عملکرد از قبیل تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین می‌باشد. نتایج مرادی زاده زواره و همکاران (۱۳۹۱) نشان داد که اثر سطوح مختلف خاکی و محلول‌پاشی نانوکلات آهن بر صفت وزن هزار دانه آفتابگردان در سطح یک درصد معنی‌دار شد. بیش‌ترین وزن هزاردانه با میانگین ۷۸/۵۰ گرم مربوط به مصرف خاکی ۲۰ کیلو در هکتار نانو کلات آهن بود که نشان دهنده افزایش جذب آهن در این تیمار است و چون آهن در سنتز کلروفیل و آن نیز در فتوسنتز نقش مهمی دارد و پر شدن دانه آفتابگردان وابسته به فتوسنتز حقیقی است، لذا افزایش تخصیص مواد فتوسنتزی به طبق موجب افزایش وزن هزاردانه نسبت به تیمار شاهد می‌شود. سیلسپور (۱۳۸۶) نشان دادند که با مصرف توام کودهای آهن و روی میزان عملکرد گندم به طور متوسط ۸۶۷ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت. ایشان علت افزایش عملکرد را بالارفتن میزان نشاسته و پروتئین دانه دانست.

۲۷- تأثیر آهن بر برخی خصوصیات فیزیولوژیکی گیاهان

۲-۷-۱- غلظت آهن در اندام های هوایی

افزایش غلظت آهن در گیاهان موجب ایجاد سمیت آهن و تولید انواع اکسیژن‌های فعال می‌شود، که تنش اکسیداتیو را در گیاه القا می‌کند. در شرایط سمیت آهن رادیکال‌های خطرناک هیدروکسیل تولید می‌شود که می‌تواند به صورت پی‌درپی انواع ماکرومولکول‌های زیستی از جمله لیپیدها و پروتئین‌ها را ناپایدار کند. نتیجه تنش اکسیداتیو ناشی از سمیت آهن در گیاهان کاهش میزان پروتئین‌ها، قندهای محلول و کلروفیل و صدمات برگ‌گشت‌ناپذیر به غشاهای زیستی و اسیدهای نوکلئیک است که توسط بسیاری از محققان گزارش شده است (بلوکینا و همکاران، ۲۰۰۳؛ گاواسکا و اسکلودوسکا، ۲۰۰۶). طی آزمایشی روی گیاه رز بیان شده است که افزایش غلظت آهن از ۱/۵ به ۲۴ میکرومولار منجر به افزایش معنی‌دار غلظت آهن برگ این گیاه در سطح ۱٪ شد (کیانی، ۱۳۹۰). در مطالعه محمودی و همکاران (۲۰۰۵) نیز کمبود آهن منجر به کاهش معنی‌دار محتوای آهن بقولات مورد بررسی شد. هرچند که تأثیر کمبود آهن بر محتوای آهن ژنوتیپ‌های مورد مطالعه متفاوت بود. هم‌چنین بیش‌ترین میزان غلظت آهن در اندام‌های هوایی گندم با ۱۲۴/۳۳ میلی‌گرم در کیلوگرم در تیمار ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم آهن به صورت خاکی و ۲ در هزار لیتر آهن به صورت محلول‌پاشی مشاهده شده است (بوبری و طهرانی، ۱۳۸۹).

در آزمایش ال-فولی و همکاران (۲۰۱۱) محلول‌پاشی آهن و منگنز سبب افزایش غلظت پتاسیم، آهن و منگنز و نسبت پتاسیم به سدیم در اندام هوایی گندم شد. مطالعات شیخ بگلو (۱۳۹۰) نشان داد که محلول‌پاشی با تیمار ۰/۷۵ گرم در لیتر نانوآکسید آهن اثر مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ بر افزایش میزان عناصر معدنی (آهن، منیزیم، کلسیم و فسفر) دانه سویا در مقایسه با تیمار شاهد داشت. استفاده از آهن به صورت کلات Fe-EDDHA به صورت معنی‌داری غلظت و جذب کلی آهن را در سویا افزایش داد (رومی‌زاده و کریمانی، ۱۹۹۶). مشاهده شده است که تیمار آهن، میزان آهن برگ گیاه باقلا را نسبت به شاهد افزایش می‌دهد. بیش‌ترین آهن برگ در تیمار ۱ در هزار آهن در

مقایسه با سایر تیمارها مشاهده شد که بین این تیمار و تیمار ۱/۵ در هزار اختلاف معنی‌دار نبود (منصف افشار و همکاران، ۲۰۱۲). مظاهری نیا و همکاران (۱۳۸۹) نشان دادند که با افزایش میزان مصرف آهن، غلظت این عنصر در گیاه افزایش یافت به طوری که در تیمار نانو اکسید آهن ۱ درصد بیش‌ترین غلظت عنصر آهن در گندم ۸۴/۴ میلی گرم در کیلو گرم بود. در مطالعه‌ای دیگر نشان دادند هر دو نوع اکسید آهن (نانو و معمولی) و مقدار آن‌ها تأثیر معنی‌داری در غلظت آهن، منگنز، مس و روی در گیاه گندم داشت. نانو اکسید آهن در مقایسه با اکسید آهن معمولی تأثیر بیشتری داشت (مظاهری نیا و همکاران، ۲۰۱۰).

۲-۷-۲- کلروفیل

از آنجا که کلروفیل نور خورشید را به انرژی شیمیایی تبدیل می‌کند، کاهش مقدار کلروفیل برگ منجر به کاهش ماده‌سازی در گیاه و در نهایت کاهش محصول می‌شود (ملکوتی و طباطبایی، ۱۳۷۸). سومر (۱۹۹۵) در آزمایشی روی ذرت دریافت که کمبود آهن موجب کاهش اندازه کلروپلاست می‌گردد و گیاه کوتاه می‌ماند. با اندازه‌گیری کلروفیل برگ در پسته مشخص شد بین میزان کلروفیل در تیمارهای مختلف تفاوت معنی‌داری وجود نداشت ولی بیش‌ترین میزان کلروفیل در تیمار منگنز و آهن و کم‌ترین آن در شاهد مشاهده شد (داوری‌نژاد و همکاران، ۱۳۸۸). نتایج تحقیقات اردال و همکاران (۲۰۰۸) در درختان سیب نشان داد مقدار آهن کل و شاخص میزان کلروفیل برگ به‌طور معنی‌داری با افزایش میزان آهن کاربردی افزایش می‌یابد. به طوری که یک همبستگی مثبت بین میزان آهن کل و شاخص کلروفیل برگ ملاحظه شد. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین میزان آهن کل برگ و شاخص میزان کلروفیل برگ در تحقیقات هیرایی و همکاران (۲۰۰۷) در جو نیز مشاهده شده است. افزایش میزان کلروفیل برگ در نتیجه افزایش میزان آهن مصرفی با تحقیقات انجام شده توسط بانولز و همکاران (۲۰۰۳) مطابقت دارد. تحقیقات مورالس و همکاران (۱۹۹۸) در چغندر قند نیز نشان داد که کمبود آهن منجر به کاهش غلظت رنگدانه‌های

فتوسنتزی از قبیل کلروفیل و کاروتنوئید در واحد سطح برگ می‌شود که به دنبال آن میزان فتوسنتز برگ به دلیل کاهش تعداد واحدهای فتوسنتزی و همچنین کاهش کارایی فتوشیمیایی فتوسنتزی II در واحدهای باقیمانده دچار کاهش می‌شود. نتایج تجزیه واریانس در آزمایش پیرزاد و همکاران (۱۳۹۲) نشان داد که مصرف آهن و روی و اثر متقابل آن‌ها بر میزان کلروفیل اثر معنی‌دار داشت. حداکثر عدد کلروفیل‌متر (۳۷/۸) مربوط به مقدار ۶ در هزار آهن و روی بود، که با ترکیب تیماری آهن ۶ و روی ۴ در هزار تفاوت معنی‌داری نداشت. در نتایج ترابیان و زاهدی (۱۳۹۲) تأثیر مثبت محلول‌پاشی سولفات آهن به شکل نانوذرات بر ارتفاع، سطح برگ، وزن خشک اندام‌های هوایی و محتوای کلروفیل آفتابگردان نسبت به تأثیر محلول‌پاشی این کود به شکل معمول آن بارزتر بود. در کلروپلاست‌های دارای کمبود آهن سرعت جذب CO_2 فتوسنتزی به دلیل کاهش در ظرفیت فتوشیمیایی کاهش می‌یابد. کاهش کلروفیل و صدمه به انتقال الکترون فتوسنتزی موجب کاهش قندها و کاهش رشد می‌گردد (مارشور، ۱۹۹۵، برایت و همکاران، ۱۹۹۵). با افزایش غلظت نانوکود کلات آهن، محتوای کلروفیل a، b و (a+b) نسبت به شاهد در گیاه ریحان افزایش یافت، بیش‌ترین محتوای کلروفیل a، b و (a+b) با غلظت بیش‌تر در تیمار ۵ کیلو در هکتار با میانگین کلروفیل a (۰/۲۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) کلروفیل b (۰/۲۴ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) و کلروفیل a+b (۰/۵۱ گرم در گرم وزن تر برگ) مشاهده شده است (پیوندی و همکاران، ۱۳۹۰، آ).

نتایج پیوندی و همکاران (۱۳۹۰) نشان داد که کاربرد کلات آهن در غلظت کم و همه غلظت‌های نانو آهن موجب افزایش در غلظت کلروفیل a می‌شود. کاربرد کود نانو آهن در همه غلظت‌ها در افزایش میزان کلروفیل b موثرتر از همه غلظت‌های کلات آهن بود. نتایج نشان داد کاربرد کلات آهن موجب کاهش و نانو کود کلات آهن افزایش میزان کلروفیل‌های a و b در مرزه شده است. در نتایج شمالی و همکاران (۱۳۸۶) میزان کلروفیل a و b و کل در سطح ۲ میلی‌گرم در لیتر آهن در مقایسه با غلظت‌های بالاتر کاهش معنی‌داری را نشان می‌دهد. میزان کلروفیل a بین تیمارهای ۱۰، ۵۰ و

۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر آهن تفاوت معنی‌داری نداشت. هرچند میزان کلروفیل b و کل با افزایش غلظت تیمارهای آهن زیاد شد، این افزایش در سطح ۱۰۰ میلی‌گرم آهن در لیتر معنی‌دار بود.

۲-۷-۳- پروتئین دانه

به گزارش نوابی و ملکوتی (۱۳۸۱)، کاربرد عناصر کم‌مصرف آهن، روی و منگنز سبب افزایش پروتئین در ذرت شد. کاربرد آهن سبب افزایش معنی‌دار غلظت و جذب آهن در دانه، برگ پرچم و پروتئین دانه گندم نیز شده است (عباس و همکاران، ۲۰۰۹). در آزمایش دلفانی (۱۳۹۰) روی گیاه لوبیا چشم‌بلبلی مشاهده شد که تیمار نانواهن در هر دو غلظت ۰/۲۵ و ۰/۵ گرم در لیتر سبب بهبود درصد پروتئین دانه گردید. به‌طوری‌که دانه‌های حاصل از تیمار نانواهن ۰/۲۵ حاوی ۲۲/۳۵ درصد پروتئین بودند. در مطالعه‌ای دیگر با افزایش مقدار آهن مصرفی به هر دو روش محلول‌پاشی و مصرف خاکی، مقدار پروتئین و روغن دانه در گیاه بادام‌زمینی افزایش یافت. به‌طوری‌که بیش‌ترین مقدار پروتئین دانه از تیمارهای ۳ و ۴ گرم آهن در لیتر در روش محلول‌پاشی و ۲۰ کیلوگرم در هکتار در روش مصرف خاکی به دست آمد که اختلاف معنی‌داری با تیمار شاهد داشت (پنج تن دوست و همکاران، ۱۳۸۹). سیلسپور (۱۳۸۶) با بررسی اثرات آهن و روی در خصوصیات کمی و کیفی گندم آبی نتیجه گرفت که درصد پروتئین دانه تحت تأثیر تیمارهای کودی قرار می‌گیرد و بالاترین درصد پروتئین دانه را در تیمار آهن + روی به میزان ۱۲/۴ درصد گزارش کرد.

بیگی و همکاران (۱۳۸۹) اعلام کردند با افزایش محلول‌پاشی کود آهن، عملکرد دانه و پروتئین دانه سویا افزایش معنی‌داری را نشان داده است. همچنین ملکی و همکاران (۱۳۸۸) نیز گزارش کرده‌اند در بین تیمارهای مختلف (۲، ۳ و ۴ در هزار از منبع کلات) تفاوت معنی‌داری از لحاظ درصد پروتئین دانه بادام زمینی وجود داشته است و بالاترین درصد پروتئین دانه مربوط به تیمار ۳ و ۴ در هزار آهن بوده است. آگراوالا و همکاران (۱۹۶۵) گزارش کردند آهن یک عنصر ضروری برای سنتز پروتئین است و کمبود آهن رشد گیاه را کاهش می‌دهد. نتایج پژوهش پیوندی و همکاران (۱۳۹۰) (ب)

نشان داد تفاوت معنی‌داری در میزان پروتئین برگ گیاه مرزه تابستانه در مقایسه با شاهد وجود دارد به طوری که تیمار f_1 (۱/۵ کیلو در هکتار آهن معمولی) بیش‌ترین محتوای پروتئین را دارد اما با افزایش غلظت کلات آهن و نانوآهن موجب کاهش میزان پروتئین می‌شود این کاهش در تیمار نانوآهن محسوس‌تر است.

۲-۷-۴- میزان آب نسبی برگ

محتوای آب نسبی (RWC^A) برگ معرف بسیار خوبی از وضعیت آبی گیاه است که به عنوان یک شاخص جهت تحمل به خشکی پیشنهاد شده است (تئولیت و همکاران، ۱۹۹۷). RWC به ویژه در مرحله پر شدن دانه اهمیت ویژه‌ای پیدا می‌کند، زیرا در زمان پر شدن دانه به دلیل افزایش تشعشع و دما و کاهش رطوبت نسبی محیط، افزایش میزان RWC برگ شرایط را برای پر شدن دانه فراهم می‌کند و فتوسنتز جاری که نقش قابل توجهی در پر شدن دانه دارد، افزایش پیدا می‌کند (بلوم و همکاران، ۱۹۸۲). باراری و همکاران (۲۰۰۲) بین RWC و عملکرد دانه ژنوتیپ‌های تریپتیکاله در شرایط تنش رطوبتی همبستگی مثبت ارزیابی کردند. کاهش محتوای نسبی آب در برگ با کاهش مقدار آب توسط خزاعی و همکاران (۱۳۸۴) نیز گزارش شده است. لافیته (۲۰۰۲) نشان داد که وضعیت آب در گیاه به پتانسیل آب برگ، لوله‌ای شدن برگ و محتوای آب نسبی برگ بستگی دارد. در آزمایشی روی گیاه برنج کمبود آهن تأثیر معنی‌داری بر میزان درصد آب نسبی گیاه نداشت. ولی سمیت آهن در تیمارهای ۱۰۰ و ۲۵۰ میلی‌گرم در لیتر آهن منجر به کاهش درصد آب نسبی در این گیاه شد (کیانی چالمردی و عبدالزاده، ۱۳۹۱).

فصل سوم

مواد و روش‌ها

۳-۱- زمان و مشخصات محل اجرای آزمایش

آزمایش در سال ۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود، واقع در شهر بسطام (کیلومتر ۸ جاده شاهرود-آزادشهر) اجرا شد. شهرستان شاهرود در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۵۷ دقیقه شرقی از نصف النهار گرینویچ واقع شده است و میانگین ارتفاع از سطح دریا ۱۳۶۶ متر است. منطقه بسطام دارای اقلیم سرد و خشک با میانگین بارندگی سالانه بین ۱۵۰ تا ۱۶۰ میلی‌متر است که عمدتاً بارندگی‌ها در فصل پائیز و زمستان رخ می‌دهد. حداقل و حداکثر دمای منطقه به ترتیب ۱۳- و ۳۹ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. بر اساس اطلاعات ثبت شده در ایستگاه هواشناسی شاهرود در سال زراعی ۹۰-۹۱ میانگین حداقل و حداکثر دمای روزانه به ترتیب ۸/۲- و ۳۸/۴ درجه سانتی‌گراد و مجموع بارندگی ۱۵۱ میلی‌متر بوده است.

۳-۲- خصوصیات خاک محل اجرای آزمایش

نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری در جدول ۳-۱ نشان داده شده است.

۳-۳- مشخصات طرح آزمایشی

آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح پایه بلوک کامل تصادفی در ۳ تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل محلول‌پاشی عنصر آهن در پنج سطح صفر (a_1)، ۰/۲۵ آهن معمولی (a_2)، ۰/۵ آهن معمولی (a_3)، ۰/۲۵ نانو (a_4) و ۰/۵ نانو (a_5) بر حسب گرم در لیتر به عنوان فاکتور اول و ماده افزودنی در سه سطح صفر (b_1)، D.G ADJUVANT با غلظت ۰/۳ میلی‌لیتر در یک لیتر آب (b_2) و RCP-5 با غلظت ۰/۵ میلی‌لیتر در یک لیتر آب (b_3) به عنوان فاکتور دوم بودند (غلظت مواد افزودنی با توصیه شرکت سازنده انتخاب شد). در مجموع در هر تکرار ۱۵ ترکیب تیماری وجود داشت و تعداد کل کرت‌های آزمایشی ۴۵ کرت بود. نقشه کشت در شکل ۳-۱ مشاهده می‌گردد.

جدول ۱-۳ - نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

واحد	مقدار	پارامترهای اندازه گیری شده
درصد	۳۰/۶	درصد اشباع
-	۷/۸۹	اسیدپته گل اشباع
درصد	۲۷	درصد مواد خنثی شونده
درصد	۰/۷۹	کربن آلی
درصد	۰/۰۵۷	نیتروژن کل
پی پی ام	۱۴	فسفر قابل جذب
پی پی ام	۱۴۳	پتاسیم قابل جذب
درصد	۲۴	رس
درصد	۴۴	لای
درصد	۳۲	شن
درصد	۱/۵	درصد رطوبت
-	۱/۴	نسبت جذب سدیم
میلی اکی والان در لیتر	۸۱/۲	مجموعه کاتیون ها
میلی اکی والان در لیتر	۲۲/۲	Na ⁺
میلی اکی والان در لیتر	۲۶	Mg ⁺
میلی اکی والان در لیتر	۳۳	Ca ⁺
میلی اکی والان در لیتر	۸۰/۶	مجموع آنیون ها
میلی اکی والان در لیتر	۲۸/۶	SO ₄ ²⁻
میلی اکی والان در لیتر	۴۷/۵	CL ⁻
میلی اکی والان در لیتر	۴/۵	HCO ₃ ⁻
میلی اکی والان در لیتر	۰	CO ₃ ⁻

جدول ۳-۲- ترکیبات تیماری مورد استفاده در آزمایش

a ₁ b ₁	شاهد
a ₁ b ₂	محلول پاشی ماده افزودنی D.G ADJUVANT به تنهایی
a ₁ b ₃	محلول پاشی ماده افزودنی RCP-5 به تنهایی
a ₂ b ₁	محلول پاشی ۰/۲۵ گرم در لیتر آهن معمولی به تنهایی
a ₂ b ₂	محلول پاشی ۰/۲۵ گرم در لیتر آهن معمولی همراه با D.G ADJUVANT
a ₂ b ₃	محلول پاشی ۰/۲۵ گرم در لیتر آهن معمولی همراه با RCP-5
a ₃ b ₁	محلول پاشی ۰/۵ گرم در لیتر آهن معمولی به تنهایی
a ₃ b ₂	محلول پاشی ۰/۵ گرم در لیتر آهن معمولی همراه با D.G ADJUVANT
a ₃ b ₃	محلول پاشی ۰/۵ گرم در لیتر آهن معمولی همراه با RCP-5
a ₄ b ₁	محلول پاشی ۰/۲۵ گرم در لیتر نانوآهن به تنهایی
a ₄ b ₂	محلول پاشی ۰/۲۵ گرم در لیتر نانوآهن همراه با D.G ADJUVANT
a ₄ b ₃	محلول پاشی ۰/۲۵ گرم در لیتر نانوآهن همراه با RCP-5
a ₅ b ₁	محلول پاشی ۰/۵ گرم در لیتر نانوآهن به تنهایی
a ₅ b ₂	محلول پاشی ۰/۵ گرم در لیتر نانوآهن همراه با D.G ADJUVANT
a ₅ b ₃	محلول پاشی ۰/۵ گرم در لیتر نانوآهن همراه با RCP-5

تکرار ۱	a ₁ b ₂	a ₂ b ₁	a ₃ b ₂	a ₁ b ₁	a ₂ b ₂	a ₅ b ₃	a ₅ b ₁	a ₄ b ₁	a ₅ b ₂	a ₁ b ₃	a ₂ b ₃	a ₄ b ₃	a ₃ b ₁	a ₃ b ₃	a ₄ b ₂
تکرار ۲	a ₁ b ₁	a ₂ b ₃	a ₄ b ₂	a ₅ b ₂	a ₅ b ₁	a ₄ b ₁	a ₃ b ₃	a ₃ b ₁	a ₂ b ₂	a ₂ b ₁	a ₁ b ₃	a ₅ b ₃	a ₃ b ₂	a ₁ b ₂	a ₄ b ₃
تکرار ۳	a ₂ b ₂	a ₃ b ₁	a ₄ b ₁	a ₁ b ₃	a ₁ b ₁	a ₅ b ₁	a ₅ b ₃	a ₃ b ₃	a ₂ b ₃	a ₅ b ₂	a ₂ b ₁	a ₄ b ₂	a ₁ b ₂	a ₄ b ₃	a ₃ b ₂

شکل ۳-۱- نقشه کشت طرح آزمایشی مورد استفاده

۳-۴- عملیات اجرایی

۳-۴-۱- کاشت

زمین در سال قبل به صورت آیش بود. عملیات کاشت لوبیا سبز رقم سان رایز (رقم هلندی) در تاریخ ۱ تیر ماه ۱۳۹۱ با دست و در عمق ۳ سانتی‌متری در محل داغ‌آب انجام شد. این رقم زودرس، پر بار و پاکوتاه با غلاف‌های کشیده و به طول ۱۴ سانتیمتر می‌باشد. آبیاری با فاصله یک هفته بعد از کشت صورت گرفت. کرت‌ها با ابعاد ۲×۳ متر مربع بود که در هر کرت آزمایشی ۴ خط کشت به طول ۳ متر قرار داشت. فاصله بین خطوط ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر بود. دو خط کشت به عنوان حاشیه و دو خط وسط جهت تعیین پارامترهای آزمایش در نظر گرفته شد.

۳-۴-۲- داشت

آبیاری به صورت جوی و پشته‌ای هر ۷ روز یکبار انجام شد. سعی شد که مقادیر آب مصرفی برای تمام تیمارها یکسان باشد. پس از استقرار بوته‌ها اقدام به تنک کردن بوته‌های اضافی گردید. طی دوران داشت ۲ بار وجین علف‌های هرز به صورت دستی انجام شد.

۳-۴-۳- اعمال تیمارها

تیمارهای آزمایش شامل محلول‌پاشی اکسید آهن با غلظت‌های موردنظر طی یک مرحله همراه با مواد افزودنی انجام شد. شکل قابل استفاده عنصر در هر دو حالت معمولی و نانو، اکسید آهن بود. براساس مشخصات ارائه شده توسط شرکت تولید کننده قطر نانو ذرات اکسید آهن ۲۰-۴۰ نانومتر و آهن معمولی ۱۰ میکرومتر بود. ماده افزودنی D.G ADJUVANT (PROLINA 4201) یکی از سورفاکتانت‌های آنیونی است که در اکثر حلال‌های آلی حلال می‌باشد و در دمای ۲۰ درجه سانتی-گراد به صورت مایع شفاف و بی‌رنگ است و ماده افزودنی Rockapon RCP-5 مایع زردرنگ با

خاصیت صابونی و یک سورفاکتانت آنیونی می‌باشد. محلول‌پاشی در ۵۵ روز پس از کشت در مرحله شروع گل‌دهی در هنگام بعد از ظهر در شرایط بدون وزش باد صورت پذیرفت.

۳-۴-۴- برداشت

برداشت در دو مرحله یکبار ۸۷ روز بعد از کشت زمانی که غلاف‌ها مصرف تازه‌خوری داشتند جهت تعیین عملکرد سبز انجام شد و دیگری جهت تعیین عملکرد نهایی و اجزای عملکرد دو هفته پس از آخرین نمونه‌برداری، در تاریخ ۱۶ مهر ۱۳۹۱ یعنی پس از ۱۰۷ روز از زمان کشت صورت گرفت. بوته‌ها کاملاً زرد و همچنین بذرها در داخل غلاف کاملاً قابل تشخیص و جداسدن بودند.

۳-۵- نمونه برداری

۱۰ روز پس از محلول‌پاشی نمونه‌برداری جهت اندازه‌گیری صفات زراعی آغاز گردید و هر ۱۰ روز یکبار تا پایان فصل رشد ادامه پیدا کرد. در مجموع تعداد ۳ نمونه برداری انجام شد. برای این منظور دو ردیف کناری و ابتدا و انتهای هر کرت به عنوان حاشیه حذف شدند. سپس ۴ بوته درگیر در رقابت به نحوی انتخاب شدند که بتوانند تا حد زیادی خصوصیات کرت مربوط را نشان دهند. در هر نمونه- برداری قطع بوته‌ها از سطح خاک و از ناحیه طوقه انجام گرفت.

۳-۶- صفات زراعی و مورفولوژیک

در مجموع طی نمونه‌برداری‌های انجام شده اقدام به اندازه‌گیری صفاتی از قبیل وزن خشک برگ، ساقه و غلاف، ارتفاع ساقه، قطر ساقه، تعداد انشعابات جانبی، سطح برگ، عملکرد و اجزای عملکرد گردید.

۳-۶-۱- سطح برگ

در هر بار نمونه برداری پس از جداسازی برگ‌ها و اندازه‌گیری سطح برگ توسط دستگاه سنجش سطح برگ^۱، شاخص سطح برگ محاسبه گردید. در مجموع میانگین سطح برگ در طی ۳ مرتبه نمونه برداری به عنوان شاخص سطح برگ در نظر گرفته شد.

بر اساس تعریف واژه شاخص سطح برگ شامل نسبت سطح برگ محصول به سطح زمینی است که محصول روی آن سایه می‌اندازد. از آنجا که تشعشع خورشیدی به‌طور یکنواخت روی سطح زمین پخش می‌شود. لذا، LAI یک معیار تقریبی از مساحت برگ‌ها در واحد سطح است که تشعشع خورشیدی برای آن‌ها قابل دسترس می‌باشد.

۳-۶-۲- وزن خشک برگ، ساقه و غلاف

بوته‌های نمونه‌گیری شده در هر نمونه برداری به بخش‌های برگ، ساقه و غلاف تفکیک شدند و وزن خشک آن‌ها تعیین گردید. برای این منظور بخش‌های تفکیک شده به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون قرار گرفتند. پس از اعمال زمان لازم، پاکت‌ها به مدت ۲۰ تا ۲۵ دقیقه در هوای آزمایشگاه نگهداری شدند تا با محیط به تعادل دمایی برسند و در نهایت با ترازوی حساس به دقت ۰/۰۱ گرم توزین شدند.

۳-۶-۳- ارتفاع بوته

میانگین ارتفاع ۴ بوته نمونه‌گیری شده از هر کرت به عنوان ارتفاع بوته‌های آن ترکیب تیماری در نظر گرفته شد.

1-Leaf area meter

۳-۶-۴- قطر ساقه

میانگین قطر ۴ بوته نمونه برداری شده توسط دستگاه کولیس با دقت ۰/۰۱ بر حسب میلی‌متر اندازه‌گیری شد.

۳-۶-۵- تعداد انشعابات جانبی

تعداد انشعابات جانبی (ساقه‌های فرعی و فرعی فرعی) در ۴ بوته انتخابی مورد شمارش قرار گرفت و میانگین‌گیری شدند. برای تشخیص انشعابات جانبی هر انشعابی که دارای برگ، گل و یا غلاف بود، در نظر گرفته شد.

۳-۶-۶- عملکرد سبز، اجزای عملکرد و عملکرد نهایی

از هر کرت آزمایش تعداد ۵ بوته با در نظر گرفتن حاشیه و به منظور تعیین عملکرد سبز برداشت گردید. مساحت اشغال شده توسط این ۵ بوته محاسبه و عملکرد بر حسب متر مربع برآورد گردید. اجزای عملکرد در یک گیاه زراعی مولفه‌های میزان تولید نهایی گیاه می‌باشند و در هر گیاه زراعی دارای اجزای خاص خود است. اجزای عملکرد در گیاه لوبیا سبز شامل تعداد غلاف در گیاه، تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه می‌باشند که در ۵ بوته برداشت شده اندازه‌گیری شد.

۳-۷- اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک و کیفی

۳-۷-۱- غلظت عنصر آهن

مقدار عنصر آهن در برگ ۱۰ روز پس از محلول‌پاشی (۶۵ روز پس از کشت) و در غلاف ۸۵ روز پس از کشت با دستگاه ICP^{۱۱} (مدل GBC Integra XL sequential ساخت کشور استرالیا) تعیین گردید. برای هضم ۰/۵ گرم از نمونه خوب پودر شده در کروزه پلاتینی یا از جنس نیکل ریخته شد و

1-Inductively Coupled Plasma

در کوره شیب‌دار قرار گرفت. دمای کوره به تدریج به ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد رساند، پس از آن نمونه خارج شد و به آن ۱۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۲۰ درصد اضافه گردید. نمونه درون حمام بخار قرار گرفت تا مایع تبخیر گردد. سپس با کاغذ صافی واتمن ۴۲ صاف گردید. در مرحله بعد با آب مقطر به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسانده شد، سپس با دستگاه ICP قرائت گردید. اساس اندازه‌گیری این دستگاه روش نشر است. در این روش جریانی از گاز آرگون توسط یک میدان مغناطیسی با فرکانس رادیویی بالا یونیزه می‌شود و حرارتی نزدیک به ۱۰۰۰۰ درجه کلوین تولید می‌کند. نمونه توسط یک نبولایزر^{۱۱}

به داخل پلاسمای آرگون پاشیده می‌شود و در دمای بالا تبدیل به ذرات اتمی (یونی) می‌شود و انتشار می‌یابد. میزان عناصر مورد نظر توسط دستگاه آشکارساز^{۱۲} اندازه‌گیری شده و در نهایت این عدد بر اساس قانون بیر-لامبرت^{۱۳} (رابطه ۱-۳) به غلظت تبدیل می‌شود.

$$\text{Log}(I_0/I) = A \quad \text{رابطه (۱-۳)}$$

۳-۷-۲- کلروفیل

۷۵ روز پس از کشت (۲۰ روز پس از محلول‌پاشی) از هر کرت ۴ برگ کاملاً توسعه یافته و هم‌سن جهت سنجش کلروفیل استفاده شد. ۶ میلی‌لیتر دی‌متیل سولفوکسید به ۰/۰۱ گرم بافت برگ اضافه شد و نمونه‌ها به مدت ۴ ساعت در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. پس از گذشت این زمان نمونه‌ها از آون خارج شدند و پس از سرد شدن با قرار گرفتن در اسپکتروفتومتر مدل Jenway6305 ساخت کشور آلمان میزان جذب نمونه‌های حاوی کلروفیل در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر خوانده شد (هیسوکس و ایسریلستام، ۱۹۷۹). مقادیر کلروفیل a، b، کل و کاروتنوئید از روابط ۲-۳ تا ۵-۳ به دست آمد.

$$\text{chl}_a (\mu\text{g/ml}) = (12/25 A_{663}) - (2/55 A_{645}) \quad \text{رابطه (۲-۳)}$$

¹¹ -Nebulizer

¹² - Detector

¹³ Beer-lambert

$$\text{chl}_b (\mu\text{g/ml}) = (20/31 A_{645}) - (4/91 A_{663}) \quad \text{رابطه (۳-۳)}$$

$$\text{chl}_a + \text{chl}_b (\mu\text{g/ml}) = \text{chl}_a + \text{chl}_b \quad \text{رابطه (۴-۳)}$$

$$\text{carotenoids} (\mu\text{g/ml}) = (1000 A_{470} - 1/90 \text{ chl}_a - 63/14 \text{ chl}_b) / 214 \quad \text{رابطه (۵-۳)}$$

پس از جایگزین کردن داده‌ها در روابط مذکور اعداد به دست آمده در $v/w \times 1000$ ضرب گردید تا اعداد بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر به دست آیند. V حجم محلول کلروفیلی بر حسب میلی‌لیتر و W وزن تر برگ بر حسب گرم می‌باشد.

۳-۷-۳- درصد و عملکرد پروتئین

اندازه‌گیری پروتئین دانه پس از برداشت به روش کج‌دال^{۱۴} انجام شد. برای مراحل هضم، تقطیر و تیتراسیون به ترتیب از اجاق هضم کننده 2040 Digester از شرکت Foss Tecator و دستگاه تمام خودکار Kjeltac Analysis Unit 2300 از همان شرکت ساخت کشور آلمان استفاده گردید. در این روش برای عمل هضم ۱ گرم از بافت خوب پودر شده به بالن‌های مخصوص کج‌دال منتقل گردید. و یک قرص کاتالیزور شامل ۱/۵ گرم سولفات پتاسیم و ۰/۱۵ گرم سولفات مس به هر فلاسک اضافه گردید. برای انجام عمل هضم ۲۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک غلیظ افزوده شد و بالن‌ها درون اجاق مخصوص قرار داده شدند. زمانی که محلول سیاه‌رنگ درون فلاسک‌ها تبدیل به محلول نسبتاً زلال به رنگ سبز بسیار کم‌رنگ شد، پایان عمل هضم مشخص گردید که معمولاً ۲ تا ۲/۵ ساعت زمان لازم داشت. میزان نیتروژن نمونه‌ها پس از سرد شدن در دمای آزمایشگاه توسط دستگاه کج‌دال سنجیده شد. دستگاه دارای سه مخزن آب مقطر، سود سوز آور ۴۰ درصد و اسید بوریک ۱۰ درصد بود. پس از قرار گرفتن یک فلاسک در دستگاه به ترتیب ۲۰ میلی‌لیتر آب مقطر و ۳۰ میلی‌لیتر سود سوز آور ۴۰ درصد به نمونه اضافه شده و با فشار بخار آب عمل تقطیر انجام گرفت. عمل تیتراسیون نیز توسط دستگاه صورت گرفت. در این مرحله از اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال استفاده شد. مقدار نیتروژن موجود

1- kjeldahl

در نمونه بر اساس مقدار اسید کلریدریک مصرف شده در تیتراسیون توسط دستگاه مشخص گردید. به منظور تبدیل مقدار اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال مصرف شده در تیتراسیون به درصد نیتروژن نمونه و تبدیل آن به درصد پروتئین از روابط (۶-۳) و (۷-۳) استفاده شد. ضریب تبدیل پروتئین برای لوبیا ۶/۲۵ در نظر گرفته شد. برای محاسبه عملکرد پروتئین از حاصلضرب عملکرد در درصد پروتئین آن استفاده گردید.

رابطه (۶-۳) وزن نمونه (گرم) / (A × ۰/۱۴) = درصد نیتروژن نمونه

رابطه (۷-۳) ضریب تبدیل نیتروژن × درصد نیتروژن = درصد پروتئین

A = حجم اسید کلریدریک ۰/۱ نرمال مصرفی بر حسب میلی لیتر

۳-۷-۴- میزان آب نسبی برگ

به منظور تعیین مقدار نسبی آب برگ از هر کرت ۳ بوته به طور تصادفی انتخاب شد و از هر بوته برگی جوان و کاملاً رشد یافته قطع گردید. نمونه‌ها در یک پوشش پلاستیکی داخل یخدان به آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایشگاه با ترازوی با دقت ۰/۰۰۱ وزن شدند (وزن تر) و سپس به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر و در یخچال در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند (کرامر، ۱۹۸۳). بعد از این مدت برگ‌ها از آب مقطر خارج شدند و بعد از اینکه آب روی آن‌ها با کاغذ صافی خشک شد دوباره وزن شدند (وزن اشباع). پس از آن به مدت ۴۸ ساعت در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و سپس وزن شدند (وزن خشک). محاسبه مقدار آب نسبی با استفاده از رابطه ۳-۸ صورت گرفت (محسن‌زاده و همکاران، ۱۳۷۹).

رابطه (۳-۸) $100 \times \{(\text{وزن خشک-وزن اشباع}) / (\text{وزن خشک-وزن تر})\} = \text{مقدار آب نسبی}$

۳-۸- تجزیه و تحلیل داده ها

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SAS و MSTATC و رسم شکل‌ها توسط نرم-افزار EXCEL انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح ۵ درصد صورت پذیرفت.

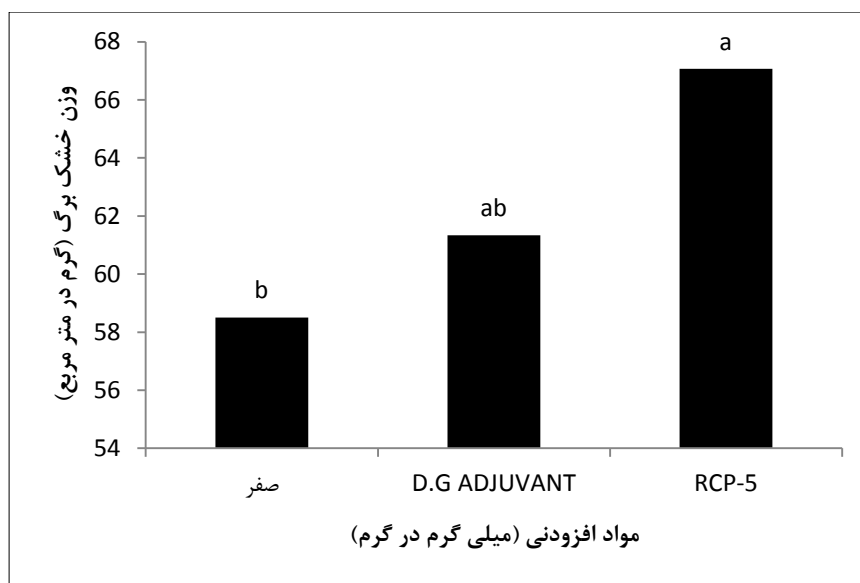
فصل چہارم

نتایج و بحث

۱-۴- ماده خشک برگ، ساقه و غلاف

۱-۱-۴- وزن خشک برگ

نتیجه حاصل از تجزیه واریانس (جدول پیوست ۱) نشان داد اثر مواد افزودنی بر وزن خشک برگ معنی‌دار ($p < 0.05$) شد. در شکل ۱-۴ مشاهده می‌شود هر دو نوع ماده افزودنی وزن خشک برگ را نسبت به شاهد بهبود دادند به طوری که بیش‌ترین وزن خشک برگ در محلول‌پاشی RCP-5 با میانگین ۶۷/۰۷ گرم در متر مربع مشاهده شد که اختلاف آن‌ها تنها با شاهد معنی‌دار بود و نسبت به شاهد ۱۴/۶۴ درصد وزن خشک برگ را افزایش داد. محلول‌پاشی لوبیا سبز با ماده افزودنی D.G ADJUVANT موجب افزایش ۴/۸۳ درصدی در وزن خشک برگ نسبت به شاهد گردید که البته به لحاظ آماری معنی‌دار نبود. همچنین اختلاف بین دو ماده افزودنی نیز از نظر تأثیر گذاری بر وزن خشک برگ معنی‌دار نبود.



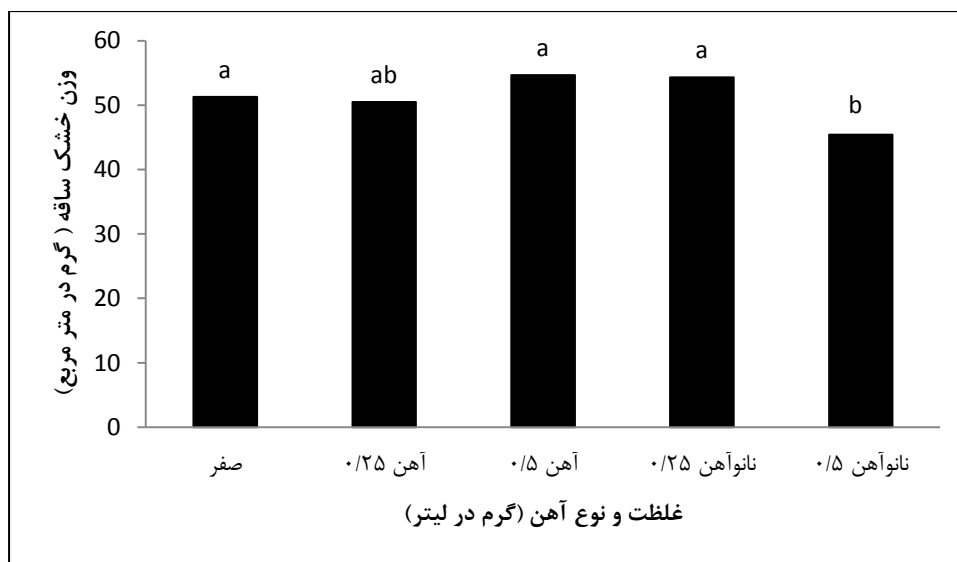
شکل ۱-۴- مقایسه میانگین وزن خشک برگ تحت تأثیر مواد افزودنی

روند تغییرات وزن خشک برگ در مطالعات قربانی و همکاران (۱۳۸۶) نشان داد که تیمارهای مختلف علف‌کش و ماده افزودنی در این روند تأثیر داشت. هر چند ماده افزودنی سبب افزایش وزن

خشک برگ شد. با این حال بالاترین مجموع کارایی علف کش از نظر وزن خشک برگ چغندر قند در تیمار ۱۰۰ درصد علف کش و غلظت ماده افزودنی ۳۵ میلی لیتر در صد لیتر بوده است.

۴-۱-۲- وزن خشک ساقه

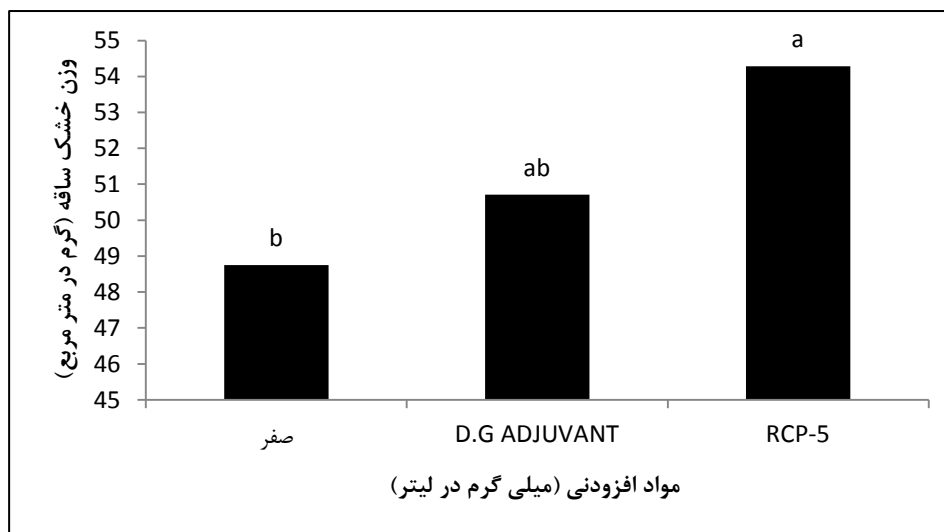
نتایج تجزیه واریانس وزن خشک ساقه در جدول پیوست ۱ نشان داده شده است. اثر محلول پاشی آهن بر این صفت بسیار معنی دار شد. همچنین مواد افزودنی نیز تأثیر معنی دار ($p < 0.05$) بر این صفت داشت. مقدار پائین از وزن خشک ساقه در سطح نانو آهن ۰/۵ گرم در لیتر با میانگینی معادل ۴۵/۴۴ گرم در متر مربع مشاهده گردید که نسبت به شاهد ۱۲/۸۴ درصد کمتر بود. شاید یکی از دلایل آن اختصاص آسیمیلات بیش تر به برگ در این تیمار باشد زیرا همان طور که در جدول پیوست ۲ مشاهده می گردد گیاهان قرار گرفته در این تیمار دارای ماده خشک بالایی در برگ های خود بودند. بین سایر سطوح آهن اختلاف معنی دار مشاهده نشد (شکل ۴-۲).



شکل ۴-۲- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه تحت تأثیر محلول پاشی آهن

پیوندی و همکاران (۱۳۹۰ب) مشاهده کردند که بیشترین وزن خشک ساقه ریحان مربوط به تیمار ۱ کیلوگرم نانواهن در هکتار می‌باشد که تفاوت معنی‌داری با تیمار ۷/۵ کیلوگرم کلات آهن نداشت. تحقیقات نشان داده است که نانو اکسید آهن به طور معنی‌داری رشد بادام زمینی و فتوسنتز آن را افزایش می‌دهد (لیو و همکاران، ۲۰۰۵).

در شکل ۳-۴ مشاهده می‌شود که هر دو نوع ماده افزودنی نسبت به شاهد اثر مثبت بر وزن خشک ساقه داشتند. محلول پاشی با RCP-5 وزن خشک ساقه را نسبت به شاهد و D.G ADJUVANT به ترتیب ۱۱/۳۴ و ۷/۸۸ درصد افزایش داد. بین دو نوع ماده افزودنی اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد.



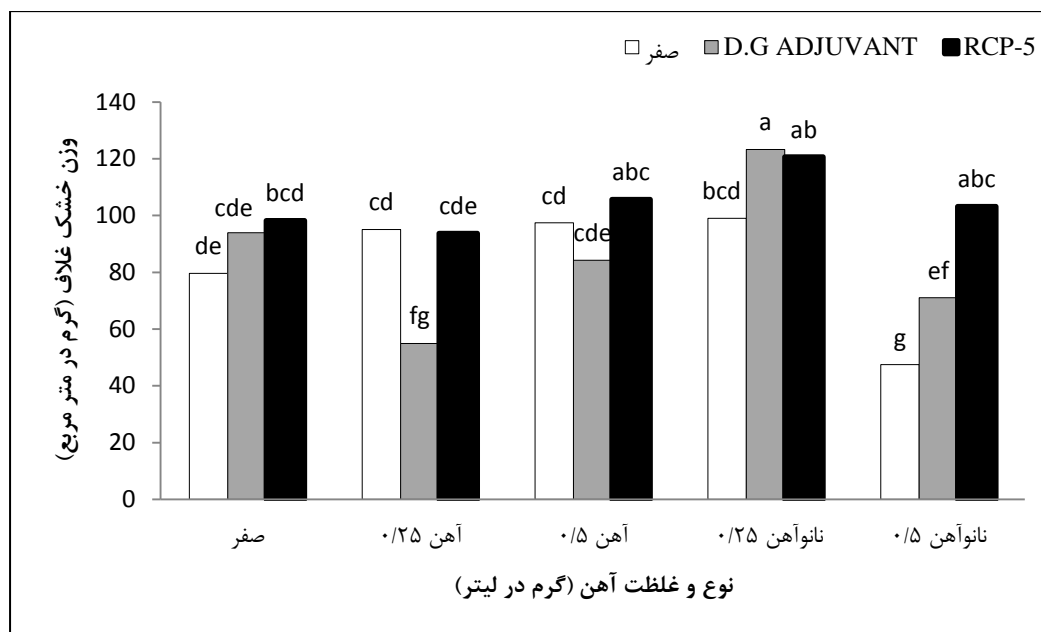
شکل ۳-۴- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه تحت تأثیر مواد افزودنی

۴-۱-۳- وزن خشک غلاف

محلول پاشی آهن، مواد افزودنی و اثر متقابل آنها اثر معنی‌دار ($p < 0.01$) بر صفت وزن خشک غلاف داشت (جدول پیوست ۱). در شکل ۴-۴ مشاهده می‌شود محلول پاشی با D.G ADJUVANT در سطح ۰/۲۵ از هر دو نوع آهن معمولی و نانواهن وزن خشک غلاف را به شدت تحت تأثیر قرار داد. به طوری که در سطح ۰/۲۵ آهن معمولی وزن خشک غلاف نسبت به شاهد کاهش یافت که با ترکیب تیماری نانواهن ۰/۵ بدون ماده افزودنی (کمترین وزن خشک غلاف ثبت شده) اختلاف معنی‌دار

نداشت ولی در سطح ۰/۲۵ نانواهن ماده افزودنی D.G ADJUVANT وزن خشک غلاف را ۵۴/۸۶ درصد نسبت به شاهد افزایش داد که بالاترین وزن خشک غلاف را شامل می‌شود. ماده افزودنی دیگر (RCP-5) نیز تأثیر قابل توجهی در بهبود ماده خشک غلاف در سطح نانو آهن ۰/۲۵ داشت. RCP-5 در بالاترین غلظت آهن (۰/۵ گرم در لیتر) نیز در هر دو شکل معمولی و نانو اثرات مثبتی بر جای گذاشت. در سطح نانو آهن ۰/۵ گرم در لیتر در عدم حضور مواد افزودنی کاهش قابل توجهی در ماده خشک غلاف مشاهده گردید که احتمالاً دلیل آن بروز مسمومیت در گیاه است. حضور مواد افزودنی در این شرایط اثرات منفی ظاهر شده را تخفیف داد.

ساجدی و اردکانی (۱۳۸۷) در نتایج پژوهش خود روی ذرت علوفه‌ای در استان مرکزی اعلام کردند که کودهای عناصر کم‌مصرف بیش‌تر در فعالیتهای متابولیکی تأثیرگذارند و به طور مستقیم با افزایش سرعت رشد گیاه، سطح جذب، دوام برگ و فتوسنتز سبب افزایش وزن خشک گیاه می‌شود و روی سایر شاخص‌های فیزیولوژیک رشد تأثیر کمی دارند.



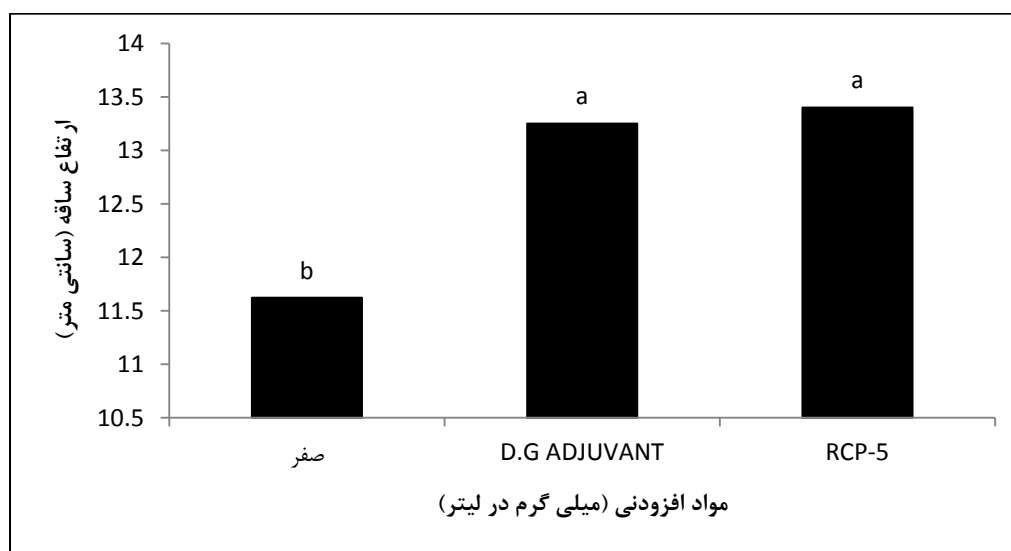
شکل ۴-۴- مقایسه میانگین وزن خشک غلاف تحت تأثیر محلول پاشی آهن و مواد افزودنی

۲-۴- شاخص سطح برگ

هیچکدام از منابع تغییر بر شاخص سطح برگ تأثیر معنی داری نداشت (جدول پیوست ۱). با این وجود این صفت تحت تأثیر هر دو غلظت نانو آهن مورد مطالعه و نیز هر دو ماده افزودنی بهبود یافت (جدول پیوست ۲).

۳-۴- ارتفاع ساقه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول پیوست ۳) نشان داد اثر اصلی مواد افزودنی بر صفت ارتفاع ساقه معنی دار ($p < 0.01$) شد. همان طور که در شکل ۴-۵ مشاهده می شود هر دو ماده افزودنی به صورت معنی دار و تقریباً به یک اندازه ارتفاع ساقه را نسبت به شاهد افزایش داد. استفاده از RCP-5 ۱۵/۳۱ درصد و D.G ADJUVANT ۱۳/۹۴ درصد ارتفاع ساقه را بهبود داد. بیشترین ارتفاع با میانگین ۱۳/۴۰ سانتی متر در RCP-5 مشاهده شد.



شکل ۴-۵- مقایسه میانگین ارتفاع ساقه تحت تأثیر محلول پاشی مواد افزودنی

عدم معنی‌داری اثر آهن بر ارتفاع بوته در پژوهش حاضر در حالی رقم خورد که برخی تحقیقات بیانگر اثر مثبت این عنصر بوده‌اند به عنوان مثال در مطالعات مظاهری نیا و همکاران (۱۳۸۹) بیش-ترین ارتفاع گیاه گندم رقم آتیلا با میانگین ۶۳/۴ سانتی‌متر مربوط به تیمار نانوآکسید آهن ۱ درصد بود. خلیلی محله و رشدی (۱۳۸۷) نشان دادند نوع کود مصرفی تأثیر معنی‌داری در سطح ۱ درصد بر ارتفاع ساقه ذرت داشت به طوری که بیش‌ترین ارتفاع ساقه با میانگین ۲۳۹ سانتی‌متر در تیمار F₈ (آهن + روی + منگنز) دیده شد و نسبت به تیمارهای کودی دیگر برتری داشت ولی با تیمار F₅ (آهن+روی) تفاوت معنی‌داری نداشت.

۴-۴- قطر ساقه

نتایج تجزیه واریانس قطر ساقه در جدول پیوست ۳ آورده شده است. همانطور که مشاهده می‌گردد اثر هیچ یک از منابع تغییر بر این صفت معنی‌دار نشد.

۴-۵- تعداد انشعابات جانبی

همانطور که در جدول تجزیه واریانس (جدول پیوست ۳) مشاهده می‌گردد، هیچکدام از منابع تغییر اثر معنی‌دار بر صفات تعداد شاخه فرعی و تعداد شاخه فرعی فرعی نداشت. این در حالی است که مصرف آهن به ویژه به شکل نانو این صفات را به مقدار جزئی افزایش داد (جدول پیوست ۴).

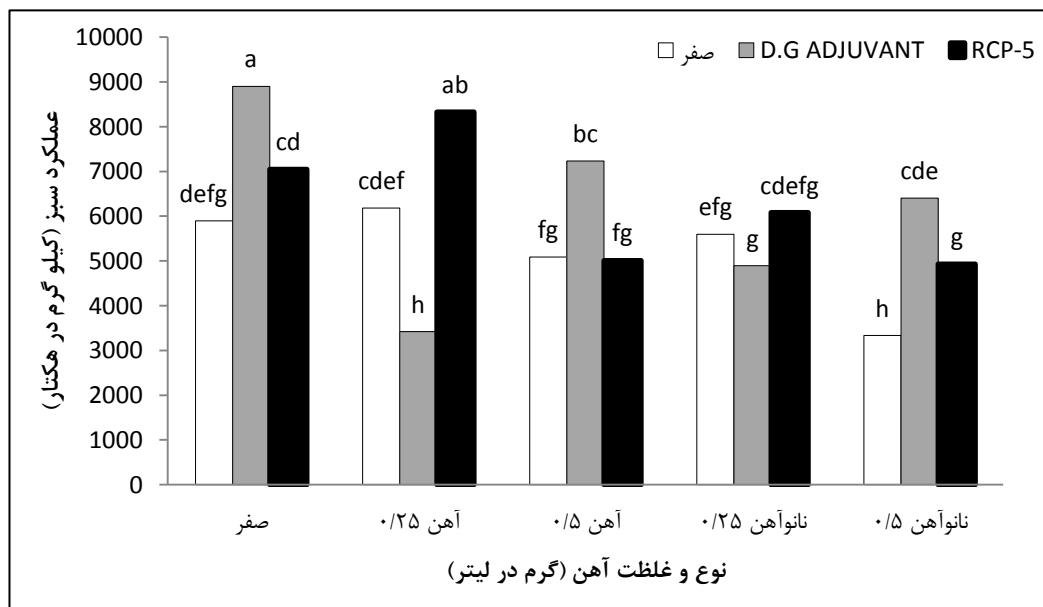
۴-۶- عملکرد سبز، اجزای عملکرد و عملکرد نهایی

۴-۶-۱- عملکرد سبز (وزن غلاف تازه)

اثر کلیه منابع تغییر شامل آهن، مواد افزودنی و اثر متقابل آن دو بر عملکرد در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول پیوست ۵). تیمار شاهد دارای عملکردی معادل ۵۸۹۹ کیلوگرم در هکتار بودند. مقادیر بالایی از عملکرد در گیاهانی مشاهده شد که آهن دریافت نکردند و فقط توسط D.G

ADJUVANT محلول پاشی شدند، عملکرد این گیاهان ۸۹۰۲ کیلو گرم در هکتار بود. افزودن D.G به محلول آهن تنها در بالاترین غلظت آن در هر دو فرم معمولی و نانو مفید واقع شد به طوری که میزان عملکرد در گیاهانی که آهن معمولی ۰/۵ و آهن نانو ۰/۵ گرم در لیتر را همراه با این ماده افزودنی دریافت کردند به ترتیب ۲۲/۶۱ و ۸/۵۰ درصد بیش تر از گیاهان شاهد بود. که البته اختلاف به وجود آمده تنها در سطح آهن معمولی ۰/۵ نسبت به شاهد معنی دار بود. استفاده از D.G ADJUVANT در غلظت پائین آهن در هر دو فرم اثر منفی بر جای گذاشت.

افزودن RCP-5 تنها در سطح صفر آهن و آهن معمولی ۰/۲۵ گرم در لیتر مفید واقع شد و عملکرد را نسبت به شاهد بهبود بخشید (شکل ۴-۶).



شکل ۴-۶- مقایسه میانگین عملکرد سبز تحت تأثیر محلول پاشی آهن و مواد افزودنی

چندین تحقیق نشان داده است که اضافه کردن ادجوانتهایی مثل سورفاکتانتها (وینبام و نیومن، ۱۹۷۷، چامل، ۱۹۸۸) و افزودنی‌هایی مثل اوره دیمتیل سولفوکسید یا گلیسین بتائین (لئونارد، ۱۹۶۷، فرناندر و همکاران، ۲۰۰۶) می‌تواند به صورت معنی‌داری اثر محلول پاشی را بهبود دهد.

مطالعات قربانی و همکاران (۱۳۸۶) نشان داد مقدار علف‌کش نتوانست تأثیر معنی‌داری روی درصد عیار قند چغندر قند داشته باشد ولی افزایش ماده افزودنی به علف‌کش کلریدازون سبب افزایش عیار قند گردید.

هر عاملی که بر اجزای عملکرد تأثیر بگذارد بر عملکرد دانه نیز موثر خواهد بود (هاشمی دزفولی و همکاران، ۱۳۷۴). در این تحقیق نیز ملاحظه می‌شود بالاترین عملکرد از ترکیبی حاصل شد که بیشترین تعداد دانه در غلاف را داشت (شکل ۴-۷) به طوری که محلول‌پاشی لوبیا سبز با ماده افزودنی D.G ADJUVANT در حالت عدم استفاده از آهن عملکرد و تعداد دانه در غلاف را نسبت به شاهد بهبود داد. البته در برخی از ترکیبات تیماری نیز نقش وزن هزار دانه در شکل‌گیری عملکرد کاملاً مشهود است.

۴-۶-۲- تعداد غلاف در بوته

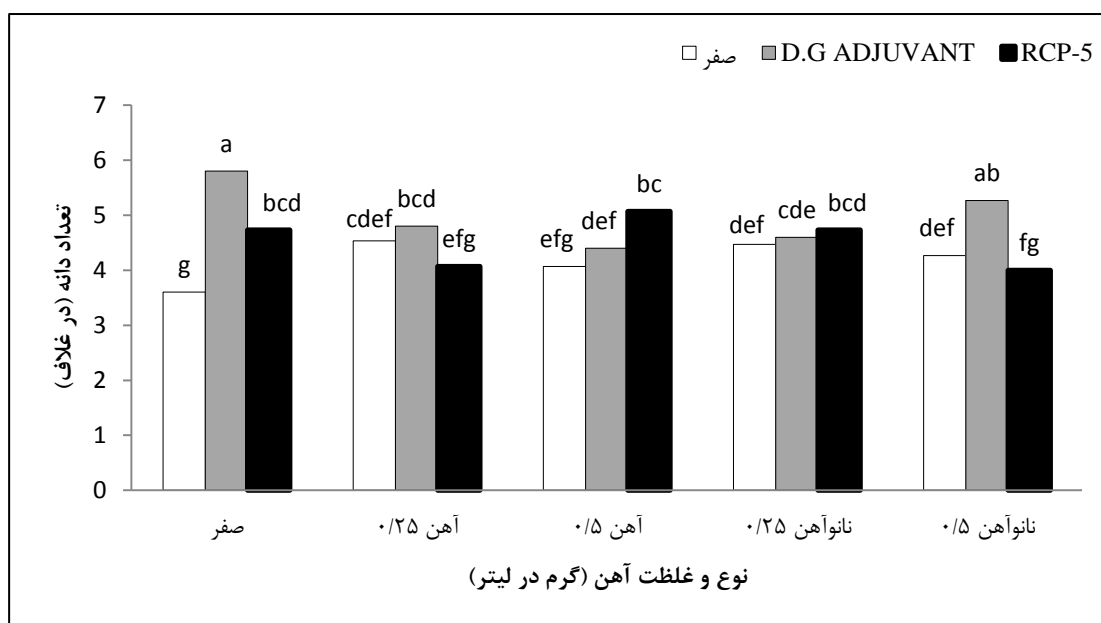
تعداد غلاف در بوته تحت تأثیر هیچکدام از منابع تغییر قرار نگرفت (جدول پیوست ۵).

۴-۶-۳- تعداد دانه در غلاف

مواد افزودنی و اثر متقابل آهن و مواد افزودنی تأثیر معنی‌دار ($p < 0.01$) بر صفت تعداد دانه در غلاف داشت (جدول پیوست ۵). در شکل ۴-۷ مشاهده می‌گردد تعداد دانه در غلاف گیاهان شاهد در پائین‌ترین مقدار قرار داشت. این صفت در سایر ترکیبات تیماری برتر از شاهد بود که البته در مواردی این برتری معنی‌دار نبود. در همه سطوح آهن محلول‌پاشی با ماده افزودنی D.G ADJUVANT تعداد دانه در غلاف را نسبت به شاهد بهبود داد به طوری که بیشترین تعداد دانه با میانگین ۵/۸۰ عدد در غلاف در شرایطی بود که D.G ADJUVANT به تنهایی محلول‌پاشی گردید، که نسبت به شاهد ۶۱/۱۱ درصد تعداد دانه در غلاف را افزایش داد. این تیمار با ترکیب تیماری نانواهن $D.G \times 0.05$ ADJUVANT از نظر آماری اختلاف معنی‌دار نداشت. استفاده از RCP-5 نیز همراه با آهن در بیش-

تر موارد مفید بود. تنها در سطح ۰/۲۵ معمولی و ۰/۵ نانو تأثیر معنی‌داری نسبت به شاهد بر صفت تعداد دانه در غلاف مشاهده نگردید.

خلیلی محله (۱۳۸۴) و سپهر و ملکوتی (۱۳۷۶) با بررسی اثر محلول‌پاشی آهن، روی و مس بر برخی صفات زراعی آفتابگردان نشان دادند که این تیمار اثر معنی‌داری بر تعداد دانه داشت که دلیل آن کاهش سقط دانه‌های تازه تشکیل شده در اثر وجود یک منبع قوی از مواد و عناصر غذایی می‌باشد. بنابراین تعداد دانه بیش‌ترین تأثیر را بر عملکرد دانه از خود نشان داد.

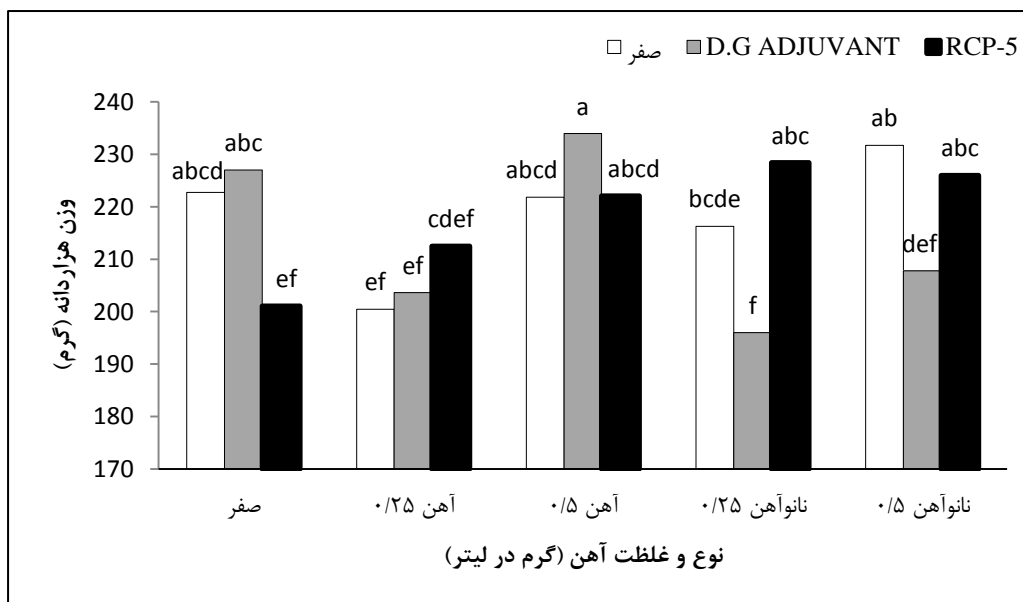


شکل ۴-۷- مقایسه میانگین تعداد دانه در غلاف تحت تأثیر محلول‌پاشی آهن و مواد افزودنی

۴-۶-۴- وزن هزاردانه

همان‌طور که در نتایج حاصل از تجزیه واریانس در جدول پیوست ۵ مشاهده می‌گردد اثر اصلی آهن و اثر متقابل آهن و مواد افزودنی بر وزن هزاردانه معنی‌دار ($p < 0.01$) بود. گیاهان شاهد از وزن هزار دانه خوبی برخوردار بودند. احتمالاً دلیل آن پائین بودن تعداد دانه در غلاف می‌باشد که در شکل ۴-۷ قابل مشاهده است. در هر دو غلظت ۰/۲۵ و ۰/۵ گرم در لیتر نانو آهن D.G ADJUVANT اثر منفی داشت در حالی که RCP-5 وزن هزار دانه را نسبت به شاهد افزایش داد. این در حالی است که

توأم شدن محلول پاشی آهن معمولی ۰/۵ گرم در لیتر با ماده افزودنی D.G ADJUVANT صفت وزن هزار دانه را به طور چشمگیری افزایش داد و با میانگین معادل ۲۳۳/۹ گرم وزن هزار دانه بالایی را نشان داد. البته اختلاف آن نسبت به شاهد و تعدادی دیگر از ترکیبات تیماری به لحاظ آماری معنی دار نبود. به طور کلی سطح آهن معمولی ۰/۲۵ مقادیر پائین از وزن هزار دانه را نشان داد. البته کاربرد مواد افزودنی در این سطح آهن موجب بهبود این صفت گردید. کمترین وزن هزار دانه (۱۹۶ گرم) در ترکیب تیماری نانو آهن ۰/۲۵ × D.G ADJUVANT ثبت گردید ولی اختلاف آن با ۵ ترکیب تیماری دیگر معنی دار نبود (شکل ۴-۸).



شکل ۴-۸- مقایسه میانگین وزن هزار دانه تحت تأثیر محلول پاشی آهن و مواد افزودنی

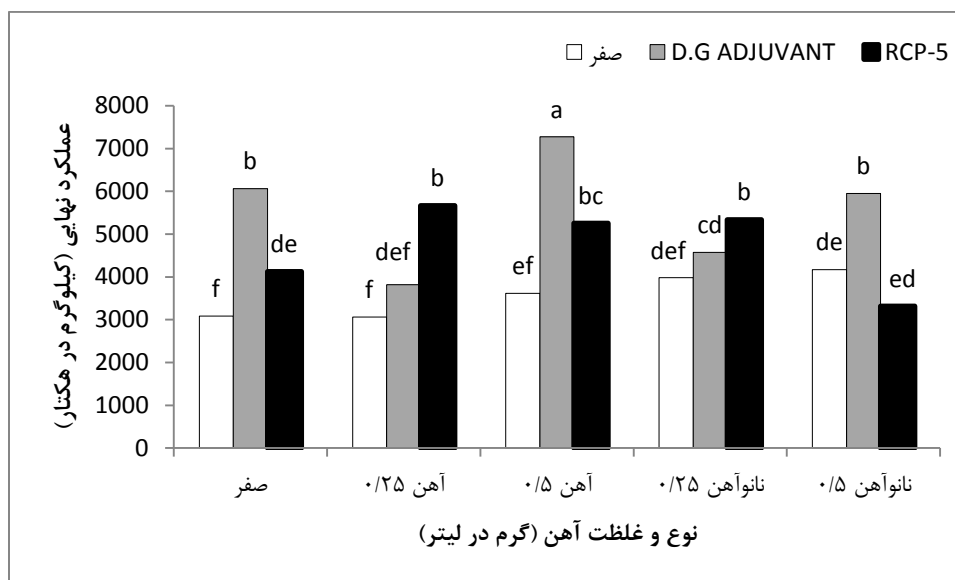
گزارش شده است که مصرف تکمیلی آهن در آغاز گل‌دهی از طریق تحریک رویشی منجر به انتقال مواد فتوسنتزی به مخازنی نظیر دانه‌ها می‌گردد (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۶). بیان شده است که کم بودن وزن هزاردانه آفتابگردان در تیمارهای پائین کودی به دلیل رقابت دانه‌ها در به‌دست آوردن مواد غذایی و کاهش کربوهیدرات ذخیره‌ای گیاه می‌باشد زیرا تعداد سلول‌های مولد کاهش

می‌یابد (رحیمی و مظاهری، ۱۳۸۳). در مطالعات مظاهری و همکاران (۱۳۸۹) بیش‌ترین وزن هزار دانه گندم با میانگین ۵۸/۴ گرم مربوط به تیمار نانو اکسید آهن ۱ درصد بود.

۴-۶-۹- عملکرد نهایی

همان‌طور که در جدول پیوست ۵ مشاهده می‌شود اثر کلیه منابع تغییر بر صفت عملکرد معنی دار ($p < 0.01$) بود. در مقایسه ترکیبات تیماری آهن و مواد افزودنی در شکل ۴-۹ ملاحظه می‌گردد در تمام سطوح آهن استفادۀ از ماده افزودنی عملکرد را نسبت به شاهد بهبود بخشید. تأثیر D.G ADJUVANT در سطح صفر و بالاترین غلظت آهن در هر دو فرم معمولی و نانو کاملاً مشهود بود. تا جایی که بیش‌ترین عملکرد با میانگین ۷۲۷۲/۲۸ کیلوگرم در هکتار در غلظت بالای آهن معمولی همراه شده با این ماده افزودنی مشاهده شد. در غلظت ۰/۲۵ گرم در لیتر آهن معمولی و نانو افزودن RCP-5 توانست موثرتر از D.G ADJUVANT واقع شود و مقادیر بالایی از عملکرد را به نمایش گذاشت. البته تأثیر RCP-5 در آهن معمولی ۰/۵ گرم در لیتر نیز قابل توجه بود. به طور کلی عدم حضور ماده افزودنی مقادیر پائینی از عملکرد را نشان داد..

آهن با شرکت در متابولیسم مواد هیدروکربن‌دار و پروتئین و انتقال آن‌ها و همچنین تأثیر بر فرآیندهای زایشی در افزایش تعداد و وزن دانه و در نهایت عملکرد دانه نقش بسزایی دارد (ولج، ۱۹۹۵). رمودی و همکاران (۱۳۹۰) بیان داشتند که وجود آهن در گیاه منجر به افزایش فتوسنتز و از این طریق موجب افزایش کربوهیدرات و مواد پروتئینی می‌شود و از آنجایی که در نهایت ذخیره این مواد در دانه صورت می‌گیرد، می‌توان اظهار داشت که محلول‌پاشی آهن سبب افزایش عملکرد دانه می‌شود.

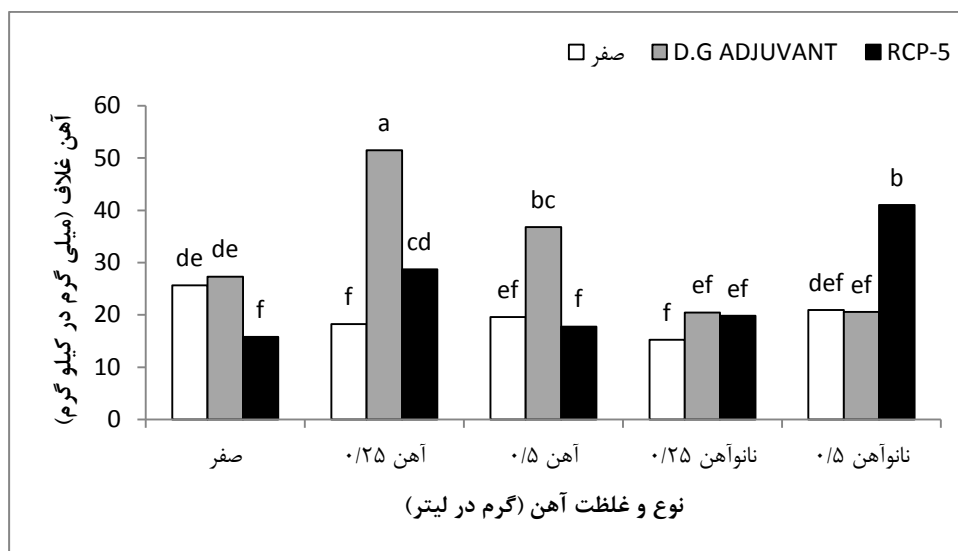


شکل ۴-۹- مقایسه میانگین وزن عملکرد نهایی تحت تأثیر محلول پاشی آهن و مواد افزودنی

۷-۴- صفات فیزیولوژیک

۷-۴-۱- آهن غلاف

تجزیه داده‌های حاصل از اندازه‌گیری میزان آهن موجود در غلاف نشان داد اثر محلول پاشی آهن، مواد افزودنی و اثر متقابل آن‌ها بر میزان آهن غلاف معنی‌دار ($p < 0.01$) شد (جدول پیوست ۹). در هر چهار سطح حاصل از آهن معمولی و نانو و غلظت‌های آن‌ها در شرایط عدم حضور ماده افزودنی اختلاف قابل توجهی در میزان آهن غلاف به دست نیامد. اگر چه در غلظت ۰/۵ گرم در لیتر آهن در هر دو فرم اندکی بیش‌تر بود. افزودن هر دو ماده افزودنی به محلول آهن معمولی با غلظت ۰/۲۵ سبب بالا رفتن میزان آهن غلاف گردید. طوری که در مجموع بالاترین مقدار (۵۱/۴۷ میلی‌گرم در کیلوگرم) از ترکیب تیماری آهن معمولی ۰/۲۵ × D.G ADJUVANT به دست آمد. که به لحاظ آماری نیز نسبت به سایر ترکیبات تیماری برتر بود. توأم شدن آهن معمولی ۰/۵ با D.G ADJUVANT و نیز نانو آهن ۰/۵ با RCP-5 به طور قابل توجهی آهن غلاف را بهبود بخشید (شکل ۴-۱۰).



شکل ۴-۱۰- مقایسه میانگین آهن غلاف تحت تأثیر محلول پاشی آهن و مواد افزودنی

پهلوانراد 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 که با نتایج بلالی و همکاران (۱۳۸۰) مطابقت داشت. گزارش شده است که سورفاکتانت‌های اضافه شده به محلول کلسیم می‌تواند حلال‌ها و هیومکتانت‌ها^{۱۵} را فعال کند و تماس و نفوذ محلول را در برگ افزایش دهد (یولیگ و وسمیر، ۲۰۰۰). هارکر و فرگوسن (۱۹۹۱) نیز پیشنهاد کردند که می‌توان از طریق اضافه کردن سورفاکتانت به محلول، نفوذ کلسیم محلول پاشی شده را بهبود داد.

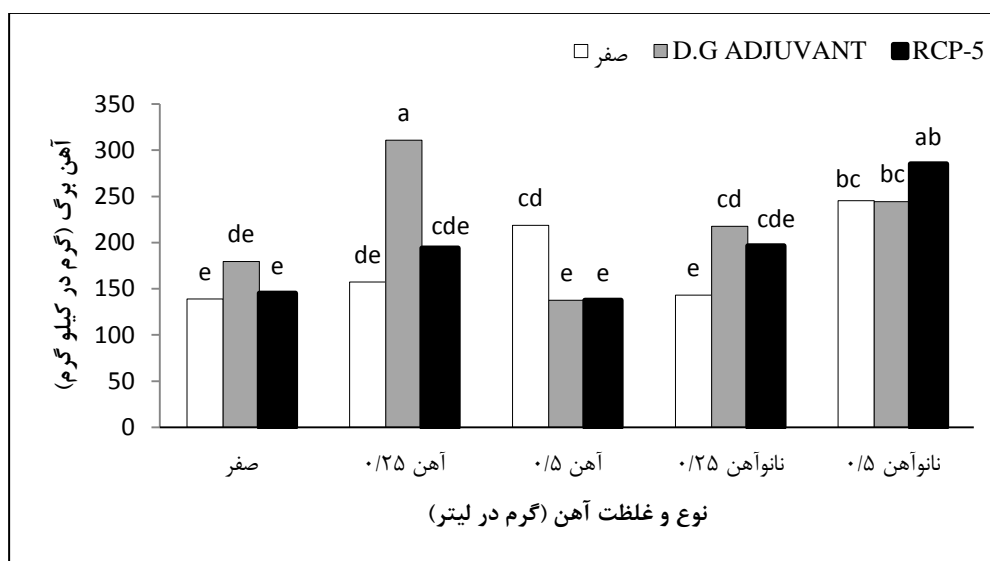
۴-۷-۲- آهن برگ

در جدول پیوست ۹ مشاهده می‌گردد تیمارهای آهن و اثر متقابل آهن و مواد افزودنی بر صفت آهن برگ بسیار معنی‌دار شد. همچنین ماده افزودنی بر صفت آهن برگ تأثیر معنی‌دار ($p < 0.05$) داشت. ترکیبات تیماری حاصل از آهن و مواد افزودنی از لحاظ تأثیر گذاری بر میزان آهن برگ در

شکل ۴-۱۱ مقایسه شده اند. ملاحظه می‌گردد که محلول پاشی با هر دو فرم آهن با غلظت ۰/۲۵ گرم در لیتر بدون وجود افزودنی نتوانست تأثیری بر آهن برگ داشته باشد. ولی اضافه شدن D.G ADJUVANT در همین شرایط میزان آهن برگ را به طور چشمگیری ارتقاء بخشید. بیشترین آهن برگ نیز در همان ترکیب تیماری ثبت گردید که بیشترین آهن غلاف وجود داشت. اضافه شدن RCP-5 نیز در این شرایط تأثیر مثبت داشت که البته به لحاظ آماری معنی‌دار نبود.

با توجه به نتایج به دست آمده به نظر می‌رسد در غلظت ۰/۵ گرم در لیتر آهن در هر دو فرم معمولی و نانو نیازی به ماده افزودنی نباشد چرا که این مواد در آهن معمولی ۰/۵ اثر منفی داشتند و در نانو آهن ۰/۵ اثر معنی‌داری نداشتند، اگرچه RCP-5 اندکی مفید بود. این در حالی است که خود آهن ۰/۵ گرم در لیتر به تنهایی در هر دو فرم میزان آهن برگ را نسبت به گیاهان شاهد به طور معنی‌داری افزایش داد.

لذا از نتایج حاصل چنین استنباط می‌شود که می‌توان با افزودن موادی مانند D.G ADJUVANT و RCP-5 به محلول‌هایی با غلظت پائین آهن نتایجی معادل کاربرد غلظت‌های بالای آهن را از لحاظ تغییر در میزان این عنصر در برگ به دست آورد.



شکل ۴-۱۱- مقایسه میانگین آهن برگ تحت تأثیر محلول پاشی آهن و مواد افزودنی

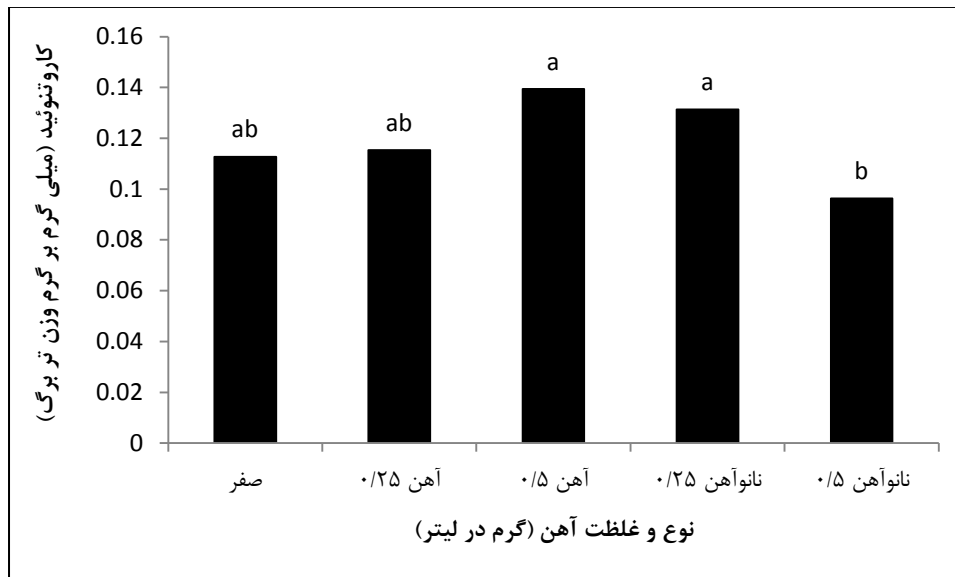
بیبوردی و ممدو (۲۰۱۰) گزارش کردند که با استفاده از ۲/۵ کیلو در هکتار سکوسترین آهن و ۴۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی و محلول پاشی ۲ و ۳ در هزار آهن و روی بیشترین مقدار تجمع آهن در برگ کلزا مشاهده شد. هاشمی مجد و گلچین (۲۰۰۹) نشان دادند که با افزایش میزان آهن تیمارها به صورت قابل ملاحظه‌ای میزان جذب آهن در اندام‌های هوایی گوجه‌فرنگی افزایش می‌یابد. در نتیجه کاربرد CaCl_2 در ترکیب با سورفاکتانت RSO5 میزان کلسیم سیب به صورت معنی‌داری افزایش یافت. همچنین افزایش معنی‌دار نفوذ کلسیم از طریق کوتیکول میوه گوجه‌فرنگی با سورفاکتانت RSO5 مشاهده شد. احتمالاً با اضافه کردن سورفاکتانت‌های چربی‌دوست به محلول تماس بهتری انجام می‌شود (اسمیتز-ایبرفر و همکاران، ۲۰۰۲).

۴-۷-۳- رنگدانه‌های برگ

۴-۷-۳-۱- کاروتنوئید

از بین منابع تغییر تنها اثر آهن ($p < 0.05$) بر کاروتنوئید برگ معنی‌دار شد (جدول پیوست ۷). سایر منابع تغییر بر این صفت اثر معنی‌داری نداشت. همانطور که در شکل ۴-۱۲ مشاهده می‌گردد در فرم آهن معمولی با افزایش غلظت آهن میزان کاروتنوئید بهبود یافت به طوری که مقادیر بالای از کاروتنوئید در غلظت ۰/۵ گرم در لیتر آهن معمولی با میانگین ۰/۱۴ میلی‌گرم بر گرم به دست آمد که ۲۷/۲۷ درصد بیش‌تر از شاهد بود در حالی که در فرم نانو افزایش غلظت آهن تأثیر منفی بر میزان کاروتنوئید داشت. همان‌طور که ملاحظه می‌گردد نانو آهن ۰/۵ با میانگین ۰/۰۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر کم‌ترین میزان کاروتنوئید را شامل شد. البته کاهش مشاهده شده در این سطح از آهن نسبت به سطح صفر و آهن معمولی ۰/۲۵ معنی‌دار نبود. نکته قابل توجه این است که به لحاظ تأثیرگذاری بر کاروتنوئید برگ با نصف غلظت آهن به شکل نانو (نانو آهن ۰/۲۵) تقریباً نتیجه‌ای معادل آهن معمولی

۰/۵ گرم در لیتر به دست آمد. وجود کاروتنوئید در برگ علاوه بر کمک در جذب نور توسط سیستم آنتنی برگ، از نظر محافظت کلروفیل در مقابل رادیکال‌های آزاد اکسیژن نیز مفید است.



شکل ۴-۱۲- مقایسه میانگین کاروتنوئید برگ تحت تأثیر محلول پاشی آهن

در مطالعات پیوندی و همکاران (۱۳۹۰ آ) اختلاف معنی‌داری در محتوای کاروتنوئید بین شاهد و مصرف آهن (نانو کلات و معمولی) در گیاه مرزه مشاهده نشد. همچنین گزارش شده است که محلول پاشی آهن، روی و منگنز به تنهایی و یا به صورت اختلاط با هم‌دیگر منجر به افزایش محصول و ش پنبه می‌شود که این افزایش ناشی از افزایش مقدار کلروفیل و کاروتنوئید برگ و همچنین ارتفاع گیاه است (نوری حسینی، ۱۳۸۴).

۴-۳-۲- کلروفیل

نتایج تجزیه واریانس (جدول پیوست ۷) نشان داد هیچ‌کدام از منابع تغییر بر صفات کلروفیل a و کلروفیل b و کلروفیل کل تأثیر معنی‌داری نداشت. با این وجود بالاترین مقدار کلروفیل کل در سطح

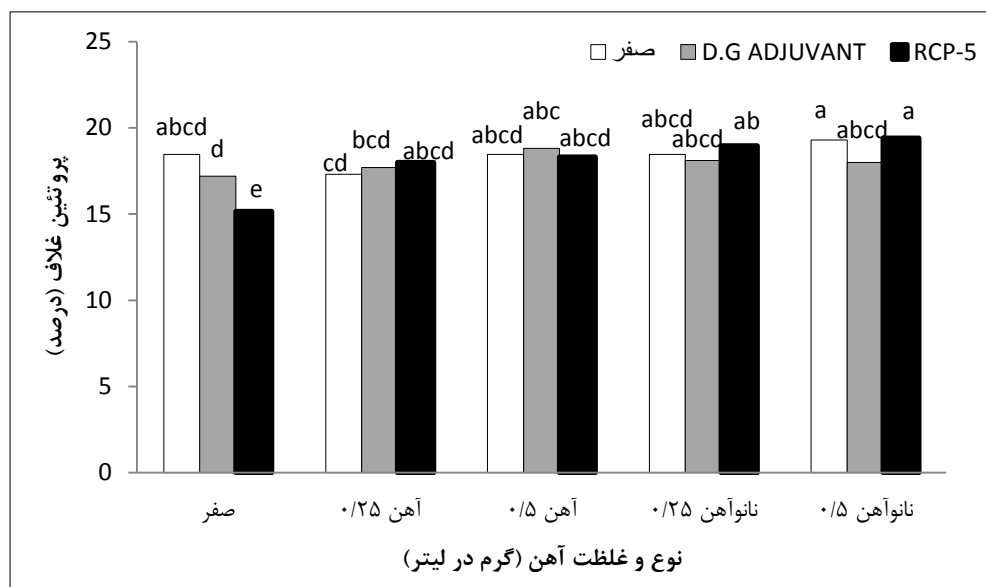
آهن معمولی ۰/۵ گرم در لیتر مشاهده شده است (جدول پیوست ۸) یعنی همان تیماری که دارای بیشترین کاروتنوئید بود.

اگر چه عنصر آهن در ساختار کلروفیل نقش مستقیمی ندارد ولی وجود آهن کافی سبب بهبود کلروفیل سازی در گیاه می‌گردد و وضعیت کلروفیل گیاه می‌تواند در میزان فتوسنتز تأثیر گذار باشد (ملکوتی و طهرانی، ۱۳۷۸). آهن در انتقال الکترون در فتوسیستم شرکت دارد. کاهش محتوای کلروفیل به علت کمبود آهن توسط مصونی و همکاران (۱۹۹۶) نیز گزارش شد.

۴-۷-۴- پروتئین غلاف

اثر آهن ($p < 0/01$) و اثر متقابل آن با مواد افزودنی ($p < 0/05$) بر صفت پروتئین غلاف معنی‌دار شد (جدول پیوست ۹). در شکل ۴-۱۳ مشاهده می‌شود پروتئین موجود در غلاف گیاهان شاهد ۱۸/۴۵ درصد بود. محلول‌پاشی با هر دو ماده افزودنی به تنهایی در سطح صفر آهن سبب کاهش پروتئین گردید. این کاهش در اثر RCP-5 از نظر آماری معنی‌دار بود به این ترتیب کمترین پروتئین غلاف به میزان ۱۵/۱۵ در این شرایط ثبت گردید. پروتئین غلاف در سایر ترکیبات تیماری بین ۱۷/۲۰ تا ۱۹/۴۰ درصد متغیر بود ولی اختلاف آن‌ها با یکدیگر و با شاهد معنی‌دار نبود. با این وجود تقریباً بالاترین مقادیر پروتئین غلاف در ترکیب تیماری نانو آهن ۰/۵ × RCP-5، همچنین همین سطح از آهن بدون ماده افزودنی با میانگین ۱۹/۳۵ درصد مشاهده شد.

خلیلی محله و رشدی (۱۳۸۷) نشان دادند کودهای محلول‌پاشی شده اثر معنی‌داری بر درصد پروتئین ساقه و برگ داشتند. در آزمایش آن‌ها تیمار کودی F₈ (آهن + روی + منگنز) با میانگین ۸/۳۵ درصد پروتئین، نسبت به تیمارهای دیگر برتری داشت، هرچند که تفاوت معنی‌داری از این نظر با تیمار F₇ (روی + منگنز) نداشت. تیمار F₁ (شاهد) نیز که در آن از کودهای ریزمغذی استفاده نشده بود با ۷/۳۶ درصد پروتئین کمترین مقدار را داشت.



شکل ۴-۱۳- مقایسه میانگین پروتئین غلاف تأثیر محلول پاشی آهن و مواد افزودنی

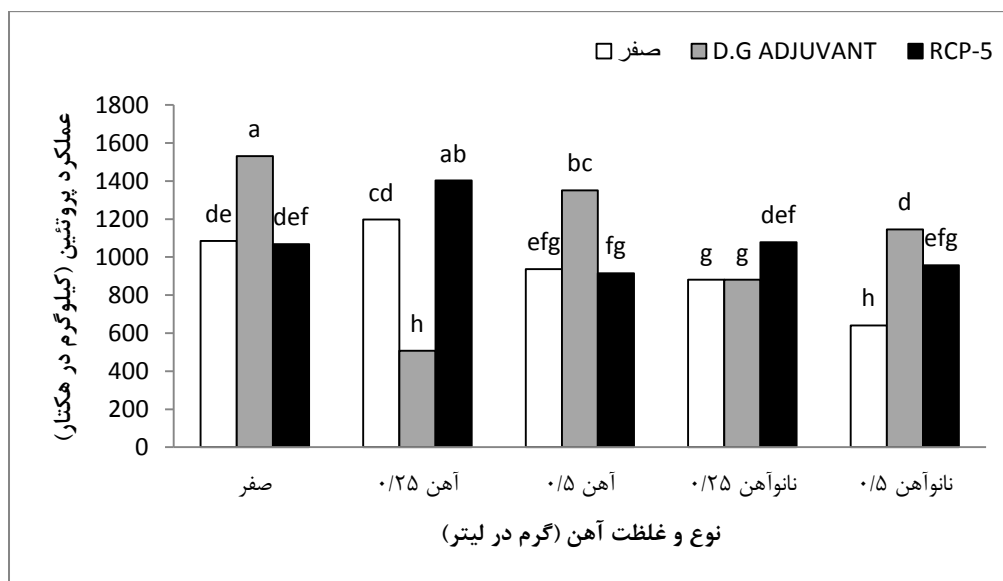
وانخاده (۱۹۹۹) بیان کرد آهن در سنتز پروتئین لازم است و از آنجائی که نقش آهن در سنتز پروتئین همراه کلروفیل می باشد کمبود آهن سبب از کارافتادن کلروفیل و در نتیجه منجر به کاهش درصد پروتئین دانه می شود. از آنجا که عنصر آهن یکی از مهم ترین عناصری است که در متابولیسم نیتروژن و در نتیجه افزایش سطح برگ گیاه نقش دارد (تواری و همکاران، ۲۰۰۵) پس می توان انتظار داشت که با اعمال تیمار آهن در گیاهانی که علائم کمبود این عنصر را نشان می دهند پروتئین سازی افزایش یابد. در مطالعه حاضر نیز با افزایش غلظت آهن سطح برگ افزایش یافت (جدول پیوست ۲) و به طبع آن بیشترین میزان پروتئین حاصل شد (جدول پیوست ۱۰).

۴-۷-۵- عملکرد پروتئین

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول پیوست ۹) نشان داد اثر آهن، ماده افزودنی و اثر متقابل آن ها بر عملکرد پروتئین معنی دار ($p < 0.01$) بود. در سطح صفر، آهن ۰/۵ و نانو آهن ۰/۵ محلول- پاشی آهن همراه شده با D.G ADJUVANT عملکرد پروتئین را افزایش داد. بالاترین عملکرد

پروتئین در سطح صفر آهن و محلول پاشی با D.G ADJUVANT به دست آمد. در غلظت ۰/۲۵ از هر دو فرم آهن این ماده افزودنی تأثیر مثبت نداشت و حتی تأثیر منفی بر این صفت داشت. به طوری- که در ترکیب تیماری ۰/۲۵ آهن معمولی × D.G ADJUVANT با میانگین ۵۰۷ کیلوگرم در هکتار مقادیر پائینی از عملکرد پروتئین دیده شد. در سطح ۰/۲۵ از هر دو فرم آهن ماده افزودنی RCP-5 مفید واقع شد به طوری که در سطح ۰/۲۵ معمولی افزایش حاصل شده به گونه‌ای بود که با ترکیب تیماری آهن صفر × D.G ADJUVANT (بیشترین عملکرد پروتئین) اختلاف معنی‌دار نداشت.

مطالعاتی که در زمینه انواع مختلف حبوبات انجام شده است وجود یک همبستگی منفی بین عملکرد سبز و مقدار پروتئین را نشان می‌دهد (آنون، ۱۹۷۲). با مقایسه شکل ۴-۱۳ و ۴-۶ این همبستگی منفی تقریباً در این تحقیق نیز مشاهده می‌شود. اگر چه بالا بودن میزان پروتئین در حبوبات دارای اهمیت قابل توجهی است در عین حال باید به میزان عملکرد این گروه از نباتات نیز توجه خاص داشت. روی این اصل می‌توان مقدار عملکرد پروتئین را به عنوان معیاری در انتخاب و معرفی ارقام اصلاح شده حبوبات به کار برد (آنون، ۱۹۷۶).



شکل ۴-۱۴- مقایسه میانگین عملکرد پروتئین تحت تأثیر محلول پاشی آهن و مواد افزودنی

۴-۷-۶- میزان آب نسبی برگ

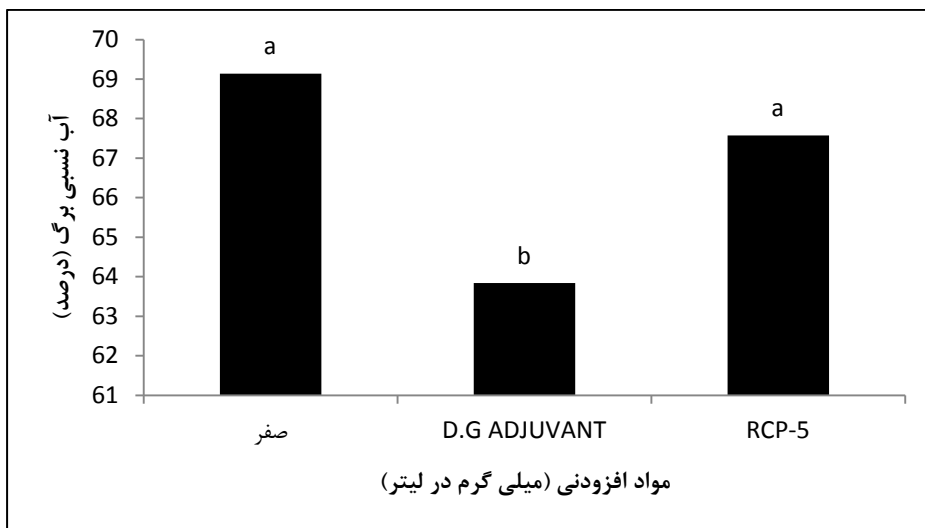
اثر آهن و ماده افزودنی بر میزان آب نسبی برگ معنی‌دار ($p < 0.05$) شد (جدول پیوست ۹). همان‌طور که در شکل ۴-۱۵ مشاهده می‌گردد در هر دو فرم آهن با افزایش غلظت آهن میزان آب نسبی برگ نسبت به شاهد افزایش یافت اما تنها در تیمار ۰/۵ معمولی این افزایش معنی‌دار بود و بیش‌ترین آب برگ با میانگین ۷۰/۱۰ در همین تیمار دیده شد که نسبت به شاهد ۶ درصد محتوای آب برگ را افزایش داد.

کاهش رشد و فعالیت ریشه و افزایش میزان تبخیر و تعرق از جامعه گیاهی از عوامل موثر در کاهش محتوای نسبی آب شناخته شده‌اند (ونکاتس وارلو و رامش، ۱۹۹۳).



شکل ۴-۱۵- مقایسه میانگین آب نسبی برگ تحت تأثیر محلول‌پاشی آهن

استفاده از مواد افزودنی در هر دو فرم اثر منفی بر محتوای نسبی آب برگ داشت. البته استفاده از D.G ADJUVANT به صورت معنی‌داری آب نسبی برگ را (۵/۳۱ درصد) نسبت به شاهد کاهش داد. بین RCP-5 و شاهد از نظر آماری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۴-۱۶).



شکل ۴-۱۶- مقایسه میانگین آب نسبی برگ تحت تأثیر محلول پاشی مواد افزودنی

۴-۸- نتیجه گیری

نتایج به دست آمده از این تحقیق به طور خلاصه شامل موارد زیر می باشد:

- ۱- تیمارهای آزمایش بر برخی صفات شامل سطح برگ، قطر ساقه، تعداد انشعابات جانبی، تعداد غلاف در بوته، کلروفیل a و کلروفیل b و کلروفیل کل اثر معنی داری نداشت.
- ۲- محلول پاشی با غلظت بالای آهن معمولی ۰/۵ گرم در لیتر به تنهایی منجر به افزایش وزن خشک ساقه، کاروتنوئید و محتوای آب نسبی برگ شد.
- ۳- در محلول پاشی نانواهن با غلظت ۰/۵ گرم در لیتر بیشترین پروتئین دانه و ۰/۲۵ گرم در لیتر نانواهن همراه با D.G ADJUVANT بیشترین وزن خشک غلاف مشاهده شد.
- ۴- میزان آهن برگ و غلاف با محلول پاشی ۰/۲۵ گرم در لیتر آهن معمولی همراه شده با D.G ADJUVANT افزایش یافت.
- ۵- در محلول پاشی لوبیا سبز با D.G ADJUVANT بیشترین تعداد دانه در غلاف و عملکرد، و بیشترین وزن هزاردانه و عملکرد نهایی در ترکیب تیماری ۰/۵ گرم در لیتر آهن معمولی × D.G ADJUVANT مشاهده شد.
- ۶- در نهایت بر اساس برآیند تأثیر تیمارهای آزمایشی بر صفات مورد اندازه گیری ترکیب تیماری اکسید آهن معمولی ۰/۵ گرم در لیتر و ماده افزودنی D.G ADJUVANT بهتر از سایر ترکیبات تیماری بود.

۹-۴- پیشنهادات

- ۱- با توجه به اینکه عناصر غذایی مورد نیاز گیاه بستگی به منطقه و تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد. لذا استفاده از کودهای آهن در شرایط اقلیمی و خاکی مشابه با منطقه جهت افزایش عملکرد دانه و پروتئین لوبیا قابل توصیه می‌باشد.
- ۲- این احتمال وجود دارد که پاسخ گیاهان به مواد ریزمغذی متفاوت باشد توصیه می‌شود این آزمایش روی گیاهان دیگر نیز انجام شود.
- ۳- در این آزمایش تنها از دو نوع ماده افزودنی استفاده شد توصیه می‌شود انواع دیگر ماده افزودنی نیز مورد آزمایش قرار گیرد.
- ۴- تأثیرگذاری محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف و پرمصرف در زمان‌های مختلف از رشد رویشی و زایشی ممکن است متفاوت باشد. لذا توصیه می‌شود محلول‌پاشی در زمان‌های مختلف رشد گیاه مورد بررسی قرار گیرد.

منابع

اختیاری، ر.؛ محبی، ح. و منصوری، م. ۱۳۸۸. تأثیر نانوذرات نقره بر جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاه داروئی رازیانه در محیط آزمایشگاه. مجله علمی پژوهشی گیاه و زیست بوم. شماره ۲۶.

آرمین، س. ۱۳۹۱. آهن ضد کم خونی. نشریه پیام زن. شماره ۲۵۲.

باقری، ع.؛ محمودی، ع. و دین قزلی، ف. ۱۳۸۰. زراعت و اصلاح لوبیا. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۵۵۶ صفحه.

بابائیان، م.؛ حیدری، م. و قنبری، ا. ۱۳۸۹. اثر تنش خشکی و محلول‌پاشی عناصر کم مصرف بر ویژگی‌های فیزیولوژیک و جذب عناصر غذایی در آفتابگردان. مجله علوم زراعی ایران. جلد دوازدهم. شماره ۴. ۳۷۷-۳۹۱.

باوریانی، م. ۱۳۸۱. تأثیر عناصر ریز مغذی بر خصوصیات کمی و کیفی ذرت. پایان‌نامه کارشناسی ارشد دانشگاه تهران.

برمکی، س.؛ مدرس ثانوی، س. ع. م. و مهدی‌زاده، و. ۱۳۸۹. کاربرد و فناوری نانو در راستای مصرف بهینه کودهای شیمیایی با تاکید بر نانوکودها. اولین کنگره چالش‌های کود در ایران. تهران. ۱۰ تا ۱۲ اسفند. صفحه ۱۲-۲۱.

بلالی، م.؛ ملکوتی، م. ج.؛ ضیائی‌ان، ع.؛ خوگر، ز.؛ فرج نیا، ا.؛ کلهر، م.؛ لطف الهی، م.؛ گلچین، ا.؛ مجیدی، ع.؛ قادری، ج. و کاظمی طلاچی، م. ۱۳۸۰. مقایسه روشهای مختلف کاربرد عناصر کم مصرف بر عملکرد کمی و کیفی گندم آبی در استان‌های مختلف کشور. مجله علوم خاک و آب. جلد ۱۵. شماره ۲. صفحات ۱۴۰-۱۵۳.

بوبری، م. ر. و طهرانی، م. م. ۱۳۸۹. بررسی اثرات کاربرد عناصر آهن و منگنز بر خصوصیات کمی و کیفی گندم. پنجمین همایش ملی ایده‌های نو در کشاورزی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان (اصفهان). ۲۷ و ۲۸ بهمن.

بیگی، ا. ح.؛ نصری، م.؛ اویسی، م. و طریق‌الاسلامی، م. ۱۳۸۹. بررسی اثر تنش خشکی و محلول‌پاشی کود آهن در مرحله گل‌دهی بر میزان عملکرد دانه، پروتئین و روغن دانه سویا. همایش ملی دستاوردهای نو در تولید گیاهان با منشا روغنی. جهاد کشاورزی بجنورد، ۶-۵ خرداد.

پارسا، م. و باقری، ع. ر. ۱۳۸۷. حبوبات. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۵۲۲ صفحه.

پازکی، ع.؛ شیرانی راد، ا. م.؛ حبیبی، د.؛ پاک‌نژاد، ف. و حاج سید هادی، م. ر. ۱۳۸۸. اثر زمان‌های محلول‌پاشی آهن بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام پائیزه کلزا در شهر ری. مجله زراعت و اصلاح نباتات. جلد ۵، شماره ۱، صفحات ۳۱-۴۲.

پنج تن دوست، م؛ سروش زاده، ع. و قناتی، ف. ۱۳۸۹. تأثیر مصرف خاکی و محلول پاشی آهن بر روی برخی خصوصیات کیفی و دانه بادام زمینی در خاک‌های قلیایی. زیست شناسی گیاهی. سال دوم. شماره پنجم. ۳۷-۵۰.

پورآنتشی، م. ۱۳۸۸. کاربرد بیوتکنولوژی در کشاورزی راهی به سوی نیل به امنیت غذایی، همایش منطقه‌ای غذا و بیوتکنولوژی، دانشگاه آزاد ایلامی واحد کرمانشاه. ۱۳-۱۴ اسفند.

پهلوان‌راد، م؛ کیخا، غ. و ناورئی راد، م. ر. ۱۳۸۷. تأثیر 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 ۷۹. ۱۴۲-۱۵۰.

پیرزاد، ع. ر؛ طوسی، پ. و درویش‌زاده، ر. ۱۳۹۲. اثر محلول پاشی عناصر آهن و روی بر صفات گیاهی و میزان اسانس آنیسون. مجله علوم زراعی ایران. جلد پانزدهم. شماره ۱. ۱۲-۲۳.

پیروی، م. ه. ۱۳۸۰. بررسی اثر ریز مغذی آهن و روی بر عملکرد دو رقم آفتابگردان. پایان نامه کارشناسی ارشد گروه زراعت. دانشگاه آزاد اسلامی ارسنجان. ۵۸ صفحه.

پیوست، غ. ۱۳۸۸. سبزیکاری. انتشارات دانش‌پذیر تهران. ۵۷۷ صفحه.

پیوندی، م؛ کمالی جامکانی، ز. و میرزا، م. ۱۳۹۰ (آ). تأثیر نانوکلات آهن بر رشد و فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان مرزه *Satureja hortensis*. مجله تازه‌های بیوتکنولوژی سلولی-مولکولی. جلد دوم. شماره ۵. ۲۵-۳۲.

پیوندی، م؛ پرنده، ه. و میرزا، م. ۱۳۹۰ (ب). مقایسه تأثیر نانوکلات آهن با کلات آهن بر پارامترهای رشد و فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان ریحان *Omum basilicum*. مجله تازه‌های بیوتکنولوژی سلولی-مولکولی. دوره اول. شماره ۴. ۹۰-۹۸.

ترابیان، ش. و زاهدی، م. ۱۳۹۲. تأثیر تغذیه برگ‌ی سولفات آهن به دو شکل معمول و نانوذرات بر رشد ارقام آفتابگردان تحت تنش شوری. مجله علوم گیاهان زراعی ایران. دوره ۴۴. شماره ۱. ۱۰۹-۱۱۸.

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. ۹ تا ۱۲ شهریور. صفحه ۲۵۴-۲۵۹.

خاقانی، ش؛ بی‌همتا، م؛ چنگیزی، م؛ دری، ح؛ خاقانی، ش؛ بختیاری، ا. و صفاپور، م. ۱۳۸۸. مقایسه صفات کمی و کیفی لوبیای سفید و قرمز در شرایط آبیاری معمولی و تنش خشکی. مجله تنش‌های محیطی در علوم گیاهی. جلد ۲. شماره ۱. ۱۷۰-۱۸۲.

خزاعی، ح؛ محمدآبادی، ع. و برزویی، ا. ۱۳۸۴. بررسی صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک انواع ارزن در رژیم‌های مختلف آبیاری. مجله پژوهش‌های زراعی ایران جلد ۳. شماره ۱. ۳۵-۴۴.

خلیلی محله، ع. ۱۳۸۴. بررسی اثرات محلول پاشی آهن بر برخی خصوصیات کمی و کیفی آفتابگردان هبیرید هایسان ۳۳ در شرایط کشت دوم در منطقه خوی. نهمین کنگره علوم خاک ایران. تهران. ۶ تا ۹ شهریور. ۱۶۹-۱۷۱.

خلیلی محله، ج. و رشدی، م. ۱۳۸۷. اثر محلول پاشی عناصر کم مصرف بر خصوصیات کمی و کیفی ذرت سیلویی ۷۰۴ در خوی. مجله نهال و بذر. جلد ۲۴. شماره ۲. ۲۸۱-۲۹۳.

خلیلی محله، ج.؛ رضادوست، س. و رشدی، م. ۱۳۸۵. اثرات مصرف برگی عناصر ریزمغذی آهن، روی و منگنز بر خصوصیات کمی و کیفی سورگوم اسپیدفید در کشت دوم در خوی. نهمین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران. پردیس ابوریحان. دانشگاه تهران. ۵ تا ۷ شهریور. صفحه ۸۰-۸۵.

داوری نژاد، غ.؛ عزیزی، م. و آخرتی، م. ۱۳۸۸. اثر محلول پاشی برخی عناصر غذایی بر خصوصیات کمی و کیفی و سال آوری درختان پسته. نشریه علوم باغبانی. جلد ۲۳. شماره ۲. ۱-۱۰.

دلفانی، م. ۱۳۹۰. تأثیر محلول پاشی نانوذره آهن و منیزیم بر برخی خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک لوبیا چشم بلبلی. پایان نامه ارشد. دانشگاه صنعتی شاهرود. ۱۸۹ صفحه.

دیندوست، ص.؛ رشدی، م.؛ یوسفزاده، ف. س. و علیزاده، ا. ۱۳۸۶. تأثیر تنش خشکی و محلول پاشی عناصر ریزمغذی (روی، آهن و منگنز) بر خصوصیات کمی و کیفی آفتابگردان روغنی رقم هایسان ۲۳. چکیده مقالات دومین همایش منطقه ای کشاورزی و محیط زیست. دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوی. ۱۵ تا ۱۶ اسفند. ۱۴۸ صفحه.

رحیمی، م.م. و مظاهری، د. ۱۳۸۳. تأثیر عناصر ریزمغذی های آهن و روی بر روی عملکرد و اجزای عملکرد کشت دوم دو رقم آفتابگردان در منطقه ارسنجان. مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. شماره ۶۴. ۱۶-۲۱.

رحیمی، م.م. و مظاهری، د. ۱۳۸۷. واکنش مورفولوژیکی و عملکرد ذرت نسبت به ترکیبات شیمیایی آهن و مس، مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. شماره ۷۸. ۹۷-۱۰۰.

رضایی، ر.؛ حسینی، س.م. و شعبانعلی قمی، ح. ۱۳۸۸. شناسایی و تحلیل موانع توسعه فناوری نانو در بخش کشاورزی ایران از دیدگاه محققان. فصلنامه علمی-پژوهشی سیاست علم و فناوری. جلد ۲. شماره ۱. ۱۷-۲۶.

مرودی، م.؛ کیخاژاله، م.؛ گلوی، م.؛ ثقه الاسلامی، ف.م.ج. و برادران، ر. ۱۳۹۰. اثر محلول پاشی عناصر ریزمغذی و رژیم های آبیاری بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی اسفرزه. نشریه بوم شناسی کشاورزی. جلد ۳. شماره ۲. ۲۱۹-۲۲۶.

زلفی باوریانی، م. ۱۳۸۴. روش و میزان مصرف سولفات آهن بر عملکرد و کیفیت کلزا. نهمین کنگره علوم خاک ایران. تهران. ۶ تا ۹ شهریور. ۱۰۱-۱۰۳.

ساجدی، ن.ع. و اردکانی، م.ر. ۱۳۸۷. اثر مقادیر مختلف کود نیتروژن، روی و آهن بر شاخص‌های فیزیولوژیک ذرت علوفه‌ای در استان مرکزی، مجله پژوهش‌های زراعی ایران. جلد ۶. شماره ۱. ۹۹-۱۰۹.

سپهر، ا. و ملکوتی، م.ج. ۱۳۷۶. بررسی اثرات پتاسیم، منیزیم و گوگرد و عناصر ریزمغذی بر روی افزایش عملکرد و بهبود کیفیت آفتابگردان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه تربیت مدرس. ۱۰۸ صفحه.

سلیمانی، ع.؛ فیروزی، م. و نارنجانی، ل. ۱۳۹۰. تأثیر محلول‌پاشی عناصر کم مصرف بر برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی موثر بر رشد و عملکرد ماده خشک گیاه ذرت علوفه‌ای. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. جلد ۹. شماره ۳. صفحه ۳۴۰-۳۴۷.

سیل‌سپور، م. ۱۳۸۶. بررسی اثرات مصرف عناصر آهن و روی در خصوصیات کمی و کیفی گندم آبی و تعیین بحرانی آن‌ها در خاک‌های دشت ورامین. پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. شماره ۷۶. ۱۲۳-۱۳۳.

شمالی، ر.؛ عبدالزاده، ا.؛ حدادچی، غ.ر. و صادقی‌پور، ح.ر. ۱۳۸۶. تأثیر مقادیر پتاسیم و آهن بر رشد، میزان تجمع یون‌ها و برخی صفات بیوشیمیایی گیاه برنج (رقم طارم). مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. جلد ۱۴. شماره ۵. ۶۴-۷۷.

شیخ بگلو، ر.؛ صدقی، م.؛ تاجبخش شیشوان، م. و سید شریفی، ر. ۱۳۹۰. اثر محلول‌پاشی نانو اکسید آهن بر عناصر معدنی دانه سویا. اولین کنگره ملی علوم و فناوری‌های نوین کشاورزی، زنجان. دانشگاه زنجان. ۱۹ تا ۲۱ شهریور.

صالحی، م. و تمسکنی، ف. ۱۳۸۷. تأثیر نانوسید در تیمار بذری بر جوانه زنی و رشد گیاهچه گندم تحت تنش شوری خلاصه مقالات اولین همایش ملی علوم و تکنولوژی بذر ایران. دانشگاه علوم و منابع طبیعی گرگان. ۲۲ و ۲۳ آبان. ۳۵۸ صفحه.

ضیائی‌ان، ع. ۱۳۸۲. استفاده از عناصر کم مصرف در کشاورزی. نشر آموزش کشاورزی، ۲۰۷ صفحه.

ضیائی‌ان، ع. و ملکوتی، م.ج. ۱۳۷۷. بررسی اثر کودهای محتوی عناصر ریزمغذی و زمان مصرف آن‌ها در افزایش تولید ذرت. مجله علمی پژوهشی آب و خاک "ویژه نامه مصرف بهینه کود"، جلد ۱۲، شماره ۱. ۵۶-۶۳.

عبدلی، م.؛ حبیبی خانیانی، ب.؛ نقدی بادی، ح.؛ حقیری، ع.؛ مکی‌زاده، م. و بقالیان، ک. ۱۳۸۴. کاربرد نانوتکنولوژی در علوم زیستی و کشاورزی. چهارمین همایش ملی تکنولوژی جمهوری اسلامی ایران. کرمان. ۲۴ تا ۲۶ مرداد.

قادری، ج. و ملکوتی، م.ج. ۱۳۸۷. نقش منگنز در افزایش عملکرد و غنی سازی دانه گندم. سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی. موسسه تحقیقات خاک و آب. نشریه فنی شماره ۴۶.

قربانی، ا.ع.؛ زند، ا.؛ باغستانی میبدی، م.ع.؛ فروزش، س. و عبداللهیان، م. ۱۳۸۶. بررسی اثر سطوح مختلف ماده افزودنی سیتوگیت و علف کش کلریدازون+ فن‌مدیفام بر عملکرد و اجزاء عملکرد چغندر قند. علوم محیطی. سال پنجم. شماره اول. ۳۷-۵۱.

قربانی، س.؛ ناصریان خیابانی، ب.؛ اردکانی، ک. ر. و رسائی موخر، س. ۱۳۸۹. بررسی تأثیر عناصر ریزمغذی آهن و روی بر عملکرد و برخی صفات مورفولوژیکی لاین‌های موتانت گندم طبعی. مجموعه خلاصه مقالات یازدهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. پژوهشکده علوم محیطی، دانشگاه شهید بهشتی تهران، دوم تا چهارم مرداد. صفحه ۳۲۲ تا ۳۲۵.

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

کریمی، ه. ۱۳۷۵. گیاهان زراعی. انتشارات و چاپ دانشگاه تهران. ۷۱۴ صفحه.

کمرکی، ح. و گلوی، م. ۱۳۸۵. اثر محلول پاشی روی، آهن، بور و ترکیبات آن‌ها بر خصوصیات کمی گلرنگ. نهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، دانشگاه تهران- پردیس ابوریحان. ۷-۵ شهریور. صفحه ۱۶۶.

کوچکی، ع. و بنایان اول، م. ۱۳۷۳. فیزیولوژی گیاهان زراعی. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۳۸۰ صفحه.

کوچکی، ع.؛ راشد محصل، م. ح.؛ نصیری، م. و صدرآبادی، ر. ۱۳۷۶. مبانی فیزیولوژیکی رشد و نمو (ترجمه). انتشارات آستان قدس رضوی مشهد. ۴۰۴ صفحه.

کیانی، ش. ۱۳۹۰. تأثیر آهن بر کارایی و نقشه عملکرد فتوشیمیایی سیستم فتوسنتزی II گل رز با استفاده از روش تصویربرداری کلروفیل فلورسنس. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای. سال دوم. شماره هشتم. ۲۵-۳۳.

کیانی چالمردی، ز. و عبدالزاده، ا. ۱۳۹۱. نقش سیلیکون در کاهش تنش کمبود و سمیت آهن در کشت هیدروپونیک گیاه برنج. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای. سال سوم. شماره دوازدهم. ۷۹-۸۸.

کیخا، غ.؛ فناپی، ح.؛ پل شکن، م.؛ اکبری مقدم، ع. 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. ۶ تا ۹ شهریور. ۱۴۹-۱۵۳.

مبلی، م. و پیراسته، ب. ۱۳۷۳. تولید سبزی (ترجمه). انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان. ۸۷۵ صفحه.

مجنون حسینی، ن. ۱۳۸۷. زراعت و تولید حبوبات. انتشارات جهاد دانشگاهی تهران. چاپ چهارم. ۲۸۳ صفحه.

- محسن زاده، س.؛ فرهی آشتیانی، س.؛ ملبوبی، م.الف. و قناتی، ف. ۱۳۷۹. تأثیر خشکی و شوری روی جوانه زنی و فتوسنتز دو وارپته از گندم. مجله پژوهش و سازندگی، شماره ۶۰، ۵۶-۶۴.
- مرادی زاده زواره، م.؛ شمسی محمود آبادی، ح. و مروتی شریف آباد، ا. ۱۳۹۱. تأثیر مصرف نانو کلات آهن بر عملکرد آفتابگردان رقم سیرنا در منطقه میبد. همایش ملی توسعه پایدار در مناطق خشک و نیمه خشک، ابرکوه، ایران. ۱۳ تا ۱۴ آذر.
- مرشدی، آ.؛ ملکوتی، م.ج. و رضایی، ح. ۱۳۷۹. تأثیر محلول پاشی آهن روی و بور بر روی عملکرد، خواص کیفی و غنی سازی دانه های کلزا در بردسیر کرمان. مجله علمی پژوهشی خاک و آب. ویژه نامه کلزا. جلد ۱۲. شماره ۱۲. ۵۸-۶۸.
- مظاهری نیا، س.؛ آستارایی، ع.ر.؛ فتوت، ا. و منشی، ا. ۱۳۸۹. بررسی اثر مصرف اکسید آهن (نانو و معمولی) همراه با کمپوست گرانوله گوگردی بر غلظت آهن و رشد گیاه گندم رقم آتیلا. نشریه پژوهش های زراعی ایران. جلد ۸. شماره ۵. ۸۵۵-۸۶۱.
- ملکوتی، م. ۱۳۷۷. روش جامع تشخیص و مصرف بهینه کودشیمیایی. شماره. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. ۱۱۷ صفحه.
- ملکوتی، م. ج. و طهرانی، م. ۱۳۷۸. نقش ریزمغذی ها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی، عناصر خرد با تأثیر کلان. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، ۲۹۹ صفحه.
- ملکوتی، م. ج. و طباطبایی، ج. ۱۳۷۸. تغذیه صحیح درختان میوه. انتشارات آموزش کشاورزی. کرج. ۲۵۵ صفحه.
- ملکوتی، م.ج. و همایی، م. ۱۳۸۳. حاصلخیزی مناطق خشک و نیمه خشک ((مشکلات و راه حل ها)). انتشارات دانشگاه تربیت مدرس. ۵۰۸ صفحه.
- ملکی، س.؛ صفرزاده، م. ن. و پیردشتی، ه. ا. ۱۳۸۸. تأثیر کاربرد آهن و گوگرد بر خصوصیات کیفی بادام زمینی. اولین همایش ملی دانه های روغنی. اصفهان. ۱ تا ۲ مهر.
- موسیوند، م.؛ خورگامی، ع. و رفیعی، م. ۱۳۸۸. بررسی تأثیر غلظت آهن، بر رشد و اجزا عملکرد در ژنوتیپ های مختلف سویا. فصل نامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهی زراعی - دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز. سال اول. شماره ۴. ۳۵-۴۵.
- نادری، م. ر. و دانش شهرکی، ع. ۱۳۹۰. کاربرد فناوری نانو در بهینه سازی فرمولاسیون کودهای شیمیایی. ماهنامه فناوری نانو. سال دهم. شماره ۴. ۲۱-۲۳.

نصیری، م.؛ سید شریفی، ر.؛ امینی، ا. و فرزانه، س. ۱۳۸۵. تأثیر ریزمغذی‌های آهن منگنز و بور بر عملکرد بذر چغندر قند. نهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. دانشگاه تهران - پردیس ابوریحان. ۵ تا ۷ شهریور. صفحه ۲۴۱.

نظران، م. ح.؛ خلج، ح.؛ لبافی حسین آبادی، م. ر.؛ شمس آبادی، م. و رزازی، ع. ۱۳۸۸. بررسی اثر محلول- پاشی نانوکود آلی کلات آهن بر خصوصیات کمی و کیفی گندم دیم. چکیده مقالات دومین همایش ملی کاربرد نانو تکنولوژی در کشاورزی. سالن همایش‌های موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر. کرج. ۱۵-۱۶ مهر. نظری، ف. ۱۳۸۸. سبزیکاری خصوصی. دانشگاه کردستان. ۱۸۸ صفحه.

نوری حسینی، م. ۱۳۸۴. اثرات محلول پاشی و مصرف خاکی عناصر آهن و روی بر عملکرد و اجزای عملکرد پنبه، چکیده مقالات نهمین کنگره علوم خاک ایران. تهران. ۶ تا ۹ شهریور.

نوابی، ف. و ملکوتی، م. ج. ۱۳۸۱. بررسی تأثیر تغذیه متعادل عناصر غذایی بر کمیت و کیفیت ذرت دانه‌ای. مجله علوم خاک و آب. جلد ۱۶. شماره ۲. ۱۶۱-۱۶۸.

هاشمی دزفولی، ا.؛ کوچکی، ع. و بنایان، م. ۱۳۷۴. افزایش عملکرد گیاهان زراعی (ترجمه) چاپ دوم. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۲۸۷ صفحه.

Abbas, G., Khan, M.Q., Khan, M.J., Hussain, F. and Hussain, I. 2009. Effect of iron on the growth and yield contributing parameters of wheat (*Triticum aestivum* L.). The J. of Animal & Plant Sci. 19(3): 135-139.

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

Abdou, A. S., Al-Darwish, F.H., Saleh, M.E., El-Tarabily, K. A., Azirun, M. S. and Rahman, M.M. 2011. Effects of elemental sulfur, phosphorus, micronutrients and Paracoccus on nutrient availability of calcareous soils. Aust. J. of Crop Sci. 5: 554-561.

Abuzid, M. and Obukhov, A. 1998. Effect of soil copper pollution on plant and uptake of heavy metal by corn seedling. Moscow Univ. Soil Sci. 47:37.

Agarwala, S.C., Sharma, C.P. and Farooq, S. 1965. Effect of iron supply on growth, chlorophyll, tissue iron and activity of certain enzymes in maize and radish. Plant Physiol. 40:493-499.

Aladjadjian, A. 2007. The use of physical methods for plant growing stimulation in Bulgaria, J. of Central Europ. Agric., 8:369-380.

- Anon. 1972.** Nutritional improvement of food legumes by breeding. Proceedings of symposium sponsored by PAG, FAO, Rome, 389 pp.
- Anon. 1976.** Food legume processing and utilization (with special emphasis on application in agriculture). Food and nutritional science division, inter. Develop. Res. centre. IDRC-Tsi:88pp.
- Attwood, D. and Florence, A.T. 1983.** Surfactant systems: Their chemistry, pharmacy and biology. Chapman & Hall, London. pp 469-650.
- Banuls, J.A., Quinones, B., Martin, E., Primo-Millo, E. and Legaz, F. 2003.** Effects of frequency of iron chelate supply by fertigation on chlorosis in citrus. J. Plant Nutr. 26: 1985-1996.
- Banks, M. L. 2011.** Effect of selected surfactants on nutrient uptake and soil microbial community. a thesis presented to the faculty of the graduate school at the university of Missouri- Columbia. Pp 157.
- Barary, M., Warwich, N.W.M., Jessop, R.S and Taji, A.M. 2002.** Osmotic adjustment and drought tolerance in Australian triticale. Proceeding of the 5th International Triticale Symposium, Volum I. June 30-Guly5, 2002. Radzikow, Poland. 135-141.
- Batty, L.C. and Younger, P.L. 2003.** Effects of external iron concentration upon seedling growth and uptake of Fe and phosphate by the common reed, *Phragmites australis* (Cav.) Trin ex. Steudel, Ann. Bot., 92: 801-806.
- Bennett, W.F. 1993.** Nutrient deficiencies and toxicities in plants. St. Paul. MN. APS Press. Pp 202.
- Bersamin, A. 2004.** Iron and iron deficiency anemia, nutrition and health. Info-sheet, publication 8141. 1-6. Web site at <http://anrcatalog.ucdavis.edu>.
- Blokhina, O., Virolainen, E. and Fagerstedt, K.V. 2003.** Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: a Review. Annals Bot., 91: 179-194.
- Blum, A., Mayer, J. and Gozland, G. 1982.** Infrared thermal sensing of plant canopies as a screening technique for dehydration avoidance in wheat. Field Crops Res. 5:137-146.
- Bozorgi, H.R. 2012.** Study effects of nitrogen fertilizer management under nano Iron chelate foliar spraying on yield and yield components of Eggplant (*Solanum melongena* L.). ARPN J. of Agric. and Biol. Sci. 7(4):233-237.

- Briat, J.F., Fobis-Loisy, I., Grignon, N., Lobreaux, S., Pascal, N., Savino, G., Thoiron S., Von Wiren, N. and Van Wuytswinkel, O. 1995.** Cellular and molecular aspects of iron metabolism in plants. *Biol. Cell.* 84:69-81.
- Brown, P.H., Cakmak, I. and Zang, Q. 1993.** Form and function of zinc in plant, in: A.D. Robson (ed.), *Zinc in Soils and Plants*, Kluwer Academic publishers. Dordrecht. Netherlands. Pp. 93-106.
- Bybordi, A. and Mamedov, G. 2010.** Evaluation of application methods efficiency of zinc and iron for Canola (*Brassica napus* L.). *Notulae Scientia Biologicae*, 2(1): 21-30.
- Caliskan, S., Ozkaya, I., Caliskan, M.E. and Arslan, A. 2008.** The effect of nitrogen and iron fertilization on growth, yield and fertilizer use efficiency of soyabean in Mediterranean type soil. 32:415-424.
- Chamel, A. 1988.** Foliar uptake of chemicals studied with whole plants and isolated cuticles. In: Neumann, P. M. (Ed.) *Plant growth and leaf-applied chemicals*. pp. 27-48. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Creed-Kanashiro, H. M., Uribe, T. G. and Bartolini, R. M. 2000.** important dietary to prevent anemia in adolescent girl through community kitchens in periurban population of lima, peru. *J. Nutr.* 130: 459-461.
- Cui, H., Sum, C., Liu, Q., Jiang, J. and Gu, W. 2006.** Applications of nanotechnology in agrochemical formulation, Perspectives, Challenges and Strategies, Institute of Environment and Sustainable development in Agriculture, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing, China, PP. 1-6.
- Ebrahimian, E. and Bybordi, A. 2011.** Effect of iron foliar fertilization on growth, seed and oil yield of sunflower grown under different irrigation regimes. *Middle-East J. of Scientific Res.* 9 (5): 621-627.
- Edding, J.L. and Brown, A.L. 1967.** Absorption and translocation foliar-applied Iron. *Plant Physiol.*, 42:15-19.
- El-Fouly, M.M., Mobarak, Z.M. and Salama, Z.A. 2011.** Micronutrients (Fe, Mn, Zn) foliar spray for increasing salinity tolerance in wheat *Triticum aestivum* L. *Afric. J. of Plant Sci.*, 5: 314-322.
- El-Magid, A.A.A., Knany, R.E. and El-Fotoh, H.G.A. 2000.** Effect of foliar application of some micronutrients on wheat yield and quality. *Ann. of Agric. Sci. Cairo*, 1:301-313.

- Erdal, I., Atilla Askin, M., Kucukyumuk, Z., Yildirim, F. and Yildirim, A. 2008.** Rootstock has an important role on iron nutrition of apple trees. *World J. Agric. Sci.*, 4: 173-177.
- Erdal, I., Kepenek, K., Kizilgoz, I. and Turkay, F. 2004.** Effect of foliar iron application at different growth stage on iron and some nutrient concentrations Strawberry cultivars. *Turk. J. Agric.* 52: 421-427.
- Eskandari, H. 2011.** The important of Iron(Fe) in plant products and mechanism of its uptake by plant. *J. Appl. Environ. Biol. Sci.* 1(10): 448-452.
- Fernandez, V. and Ebert, G. 2005.** Foliar iron fertilization a critical review. *J. Plant Nutr.* 28:2113-2124.
- Fernández, V., Del Río, V., Abadía, J. and Abadía, A. 2006.** Foliar iron fertilization of peach (*Prunus persica* (L.) Batsch): Effects of iron compounds, surfactants and other adjuvants. *Plant Soil* 289: 239-252.
- Gaewska, E. and Sklodowska, M. 2006.** Relation between tocopherol, chlorophyll and lipid peroxides contents in shoots of Ni-treated wheat. *J. Plant Physiol.*, 164:364-366.
- Gao, F., Hong, F., Liu, C., Zheng, L., Su, M., Wu, W., Yang, F., Wu, C. and Yang, P. 2006.** Mechanism of nano-anatase TiO₂ on promoting photosynthetic carbon reaction of Spinach. *Biol. Trace Element Res.* 111:239-253.
- Ghasemi-Fasaei, R., Ronaghi, A., Maftoun, M., Karimian, N. and Soltanpour, P.N. 2003.** Influence of Fe-EDDHA on iron- manganese interaction in soybean genotypes in a calcareous soil. *J. of Plant Nutr.* 26: 1815-1823.
- Haefs, R. 2001.** Rapeseed oil ethoxylate surfactant and their effect on retention, penetration, rainfastness and biological efficacy of selected agrochemicals. Cuvillier avaerlag, Gottingen, 134p.
- Harker, F.R. and Ferguson, I.B. 1991.** Effect of surfactant on calcium penetration of cuticles from apple fruit. *Sci. Hortic.* 64: 225-233.
- Hashemimajd, K. and Golchin, A. 2009.** The effect of iron-enriched vermicompost on growth and nutrition of tomato. *J. Agric. Sci. Tech.* 11: 613-621
- Hemantaranjan, A. and Gray, D.K. 1988.** Iron and zinc fertilization with reference to the grain quality of *Triticum aestivum* L. *J. Plant. Nutr.* 11:1439-1450.
- Hirai, M., Higuchi, K., Sasaki, K., Suzuki, H., Maruyama, T., Yoshiba, T. and Tadano, T. 2007.** Contribution of iron associated with high molecular weight

substances to the maintenance of the SPAD value of young leaves of barley under iron deficient conditions. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 53: 612-620.

Hiscox, J.D. and Israelstam, G.F. 1978. A method for the extraction of chlorophyll from leaf tissue without maceration. *Can. J. Bot.*, 57: 1332-1334.

Hochmuth, G. 2011. Iron(Fe) nutrition of plants. University of Florida Ifas extention. Sl 353. 1-8.

Jabeen, N. and Ahmad, R. 2011. Effect of foliar-application boron and manganese on growth and biochemical activities in sunflower under saline conditions. *Pak. J. of Bot.*, 43: 1271-1282.

Jordan, T.N. 1979. Adjuvants. *Crops and Soils Magazine*. pp. 9-12.

Kabraee, S., Noormohamadi, G., Heidari, H., Darvishkajori, F. and Delkhosh, B. 2011. Influence of micronutrient fertilizer on soyabean nutrient composition. *Ind. Sci. Technol.* 4(7): 763-769.

Kazemi poshtmasari, H., Bahman yar, M.A., Pirdasht, H. and Ahmadi shad, M.A. 2008. Effect of Zn rates and application forms on protein and some micronutrients accumulation in common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) . *Asian J. of Biol. Sci.* 11:1042-1046.

Kramer, P.S. 1983. Water relations of plants. Academic Press. Pp. 342-415.

Ladan Moghadam, A., Vattani, H., Baghaei, N. and Keshavarz, N. 2012. Effect of different levels of fertilizer nano-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.

Laffitte, R. 2002. Relationship between leaf relative water content during reproductive stage deficit and grain formation in rice. *Field Crops Res.* 76:165-174.

Leonard, C. D. 1967. Use of dimethyl sulfoxide as a carrier for iron in nutritional foliar sprays applied to citrus. *Ann. New York Ac. Sc.* 141:148-158.

Li, J., Wu, X.D., Hao, S.T., Wang, X.J. and Ling, H.Q. 2008. Proteomic response to iron deficiency in tomato. *Aparoteomic*, 8: 2299-2311.

Liu, X.M., Zhang, F.D., Zhang, S.Q., He, X.S., Fang, R., Feng, Z. and Wang, Y. 2005. Responses of peanut to nano-calcium carbonate. *Plant nute. and fertile. Sci.* 11:3-9.

- Lu, C.M., Zhang, C.Y., Wu, J.Q. and 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.
- Mahmoudi, H., Ksouri, R., Gharsalli, M. and Lachaal, M. 2005.** Differences in responses to iron deficiency between two legumes: lentil (*Lens culinaris*) and chickpea (*Cicer arietinum*), J. of Plant Physiol., 162 (11): 1237-1245.
- Mann, R.M. and Bidwell, J.R. 2001.** The toxicity of agricultural surfactants to the tadpoles of four Australian and two exotic frogs. Environ. Pollution 114: 195-205.
- Mariotti, M., Ercoli, L. and Masoni, A. 1996.** Spectral properties of iron deficient corn and sunflower leaves. Remote Sensing of Environ. 58(3): 282–288.
- Marschner, H. 1995.** Mineral nutrition of higher plants. Academic Press London . pp: 313-323.
- Masoni, A., Evacoli, A. and Mavoti, M. 1996.** Spectral of leaves deficient in iron, sulphur, magnesium and manganese. Agron. J. 88(6):937-943.
- McWhorter, C.G. 1982.** The use of adjuvants. In: Adjuvants for Herbicides, WSSA, Champaign, IL. Pgs. 10-25.
- Morales, F., Abadía, A. and Abadía, J. 1998.** Photosynthesis, quenching of chlorophyll fluorescence and thermal energy dissipation in iron-deficient sugar beet leaves. Aust. J. Plant Physiol. 25:403-412.
- Malakoti, M.J. and Tehrani, M.M. 1999.** Effect of micronutrient on the yield and quality of agricultural products. Tarbiyat Modares University Publication Iran. 292 PP.
- Mazaherinia, S., Astaraei, A.R., Fotovat, A. and Monshi, A. 2010.** Nano iron oxide particle efficiency on Fe, Mn, Zn and Cu concentration in wheat plant. World Appl. Sci. J. 7(Supplement1):36-40.
- Miller, P. and Westra, P. 1998.** How surfactants work, no. 0.564. Colorado State University Cooperative Extension, Crop Fact Sheet. <http://www.ext.colostate.edu/pubs/crops/00564.html>
- Mortvedt, G.G. 1986.** Iron sources and management practices for correcting iron chlorosis problem. J. Plant Nutr. 9:691-974.
- Mortvedth, J. 2003.** Efficient fertilizer use micronutrient. Florida University published.166: 125-139.

- Monsef afshar, 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. *Inter. Res. J. of Appl. and Basic Sci.* 3 (8):1709-1717.
- Mousavi, S. R. 2011.** Zinc in crop production and interaction with phosphorus. *Aust. J. of Basic and Appl Sci.* 5(9): 1503-1509.
- Musavi, S.R. and Rezaei, M. 2011..** Nanotechnology in Agriculture and Food production. *J. Apple. Environ. Biol. Sci.* 1(10):414-419.
- Nijjar, G.S. 1990.** Nutrition of fruit trees. Kalyani pub. New delhi., 259-270.
- Okhovat, M. and Vakili, D. 1996.** Rice (cultivation, keep, Harvest). Tehran University P. In Persian. 212p.
- Popp, C., Burghardr, M., Friedmann, A. and Rieder, M. 2005.** Characterization of hydrophilic and lipophilic pathways of *Hedera helix* L. cuticular membranes: permeation of water and uncharged organic compounds. *J. Exp. Bot.* 56:2797-2806.
- Perez-Sanz, A., Casero, T. and Lucena, J.J. 2002.** Fe enriched bios lidsas fertilizers for orange and peach trees grown in field conditions. *Plant and Soil.* 41:145-153.
- Penner, D. 2000.** Activator adjuvant. *Weed Tech.* 14:785-791.
- Ronaghi, A., Chakrol-hosseini, M. and Karimian, N. 2002.** Growth and chemical composition of corn as affected by phosphorus and iron. *J. of Sci. and Technol. of Agric. and Natural Res.* 6:91-102.
- Rosen, M.J. 1978.** Surfactants and interfacial phenomena. Wiley, New York.304pp.
- Roomizadeh, S., and N. Karimian. 1994.** The effect of iron chelate on manganese uptake of soybean plant. *Abstr. 4th. Soil Sci. Congr. of Iran.* p. 46.
- Sarware, G. 1994.** Yield and quality of sugarcane (*Saccharum Officinarumal.*) as affected by micronutrient application. PhD Thesis. Sindh Agriculture University. Tendo Jam. Pak. 237 pp.
- Schmidt, W. 1999.** Mechanisms and regulation of reduction- based iron uptake in plants, *New Phytol.* 141:1-26.
- Schmitz-Eiberfer, M.A., Haefs, R. and Noga, G.J. 2002.** Enhancing biological efficacy and rainfastness of foliar applied calcium chlororide solutions by addition of rapeseed oil surfactants. 634-639.
- Schonherr, J. 2000.** Calcium chloride penetrates plant cuticles via aqueous pores, *Planta*, 212:112-118.

- Schonherr, J. 2002.** A mechanistic analysis of penetration of glyphosate salts across stomatous cuticular membranes. *Pest Manag. Sci.* 58:343-351.
- Schonherr, J. and Schreiber, L. 2004.** Size selectivity of aqueous pores in stomatous cuticular membranes isolated from *Populus canescens*(Aiton) Sm. Leaves. *Planta* 219:405-411.
- Schonherr, J., Fernandez, V. and Schreider, L. 2005.** Rates of cuticular penetration of chelated FeIII: role of humidity, concentration, adjuvants, temperature and type of chelate. *J. Agric. Food Chem.* 53:4484-4492.
- Shaviv, A. 2000.** Advances in controlled release of fertilizers, *Adv. in Agron.*, 71:1-49.
- Sheykhbaglou, R., Sedghi, M., Tajbakhsh shishevan, M. and Seyed Sharif, R. 2010.** Effects of nano-iron oxide particles on agronomic traits of soybean. *Not. Sci. Biol.* 2 (2):112-113.
- Singh, S. 2001.** Effect of Zn, Fe, on growth sun flowers. *J. of Environ. Sci.* 34(1):57-63.
- Sommer, A.L.L. 1995 .** Further evidence of the essential nature of zinc for the growth higher green plants . *Plant physiol.* 3:217 – 221.
- Stocking, C.R. 1975.** Iron deficiency and the structure and physiology of maize chloroplasts. *Plant physiol.* 55:626-631.
- Teulate, B., Rakika, D., Nachit, M.M. and Monneveux, P. 1997.** Comparative osmotic adjustments in barley and tetraploid wheats. *Plant Breed.* 116:519-523.
- Tewari, R.K., Kumar, P. and Sharma, P.N. 2005.** Sign of oxidative stress in the chlorotic leaves of iron starved plants. *Plant Sci.* 169:1037- 1045.
- Tu, M. and Randall J.M. 2003.** Adjuvants. In: *Weed Control Methods Handbook. Tools and Techniques for Use in:* Tu, M., Hurd, C., Randall, J.M.(eds), *Wildland Natural Areas. The Nature Conservancy Wildland Invasive Species Team*, 1-25.
- Uhlig, B.A. and Wissemeier, A.H. 2000.** Reduction of nano-ionic surfactant phytotoxicity by divalent cations. *Crop Protect.* 19:13-19.
- Vankhadeh, S. 1999.** Response of sunflower to applied Zn, Fe, P, N . *nes. s.zz:1:143-144.*
- Venkateswarlu, B. and Ramesh, K. 1993.**Cell membrane stability and biochemical response of cultured cells of groundnut under polythylene glycol-induced water stress. *Plant Sci.* 90:179-185.
- Warad, H.C. and Dutta, J. 2006.** Nanotechnology for agriculture and food systems–A review, *Asian Institute of Nanotechnology.*496 pp.

- Whitty, E.N. and Chambliss, C.G. 2005.** Fertilization of field and forage crops. Nevada State University Publication. 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.
- Welch, R.M. 1995.** Micronutrient nutrition of plants. *Critical Rev. in Plant Sci.* 14: 49-82.
- Weinbaum, S.A. and Neumann, P.M. 1977.** Uptake and metabolism of ¹⁵N – labelled potassium nitrate by French prune (*Prunus domestica* L.) leaves and the effects of two surfactants. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 102(5):601- 604.
- Wissuwa, M., Ismail, A.M. and Graham, R.D. 2008.** Rice grain zinc concentration as affected by micronutrient deficiencies in sandy Soils. *J. of Appl. Sci. Res.*, 2(12):1342-1345.
- Yarnya, M., Faraj-Zadeh, F.R. and Nobari. N.A. 2010.** Method of application of micronutrients on the production of beet monogerm messenger. *Agric. Sci, Islamic Azad University of Tabriz, in the Third*, 10:25-38.
- Zhang, L., Hong, F., Lu, S. and Liu, C. 2005.** Effect of nano-TiO₂ on strength of naturally aged seeds and growth of Spinach *Biol. Trace Element Res.* 105:83-91.
- Zayed, B.A., Salem, A.K.M. and El Sharkawy, H. M. 2011.** Effect of Different Micronutrient Treatments on Rice (*Oriza sativa* L.) Growth and yield under saline soil conditions. *World J. Agric. Sci.*, 7:179-184.

پیوست

جدول پیوست ۱- میانگین مربعات وزن خشک ساقه، برگ و غلاف و شاخص سطح برگ تحت تاثیر محلول پاشی آهن و مواد افزودنی

میانگین مربعات					
منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک ساقه	وزن خشک برگ	وزن خشک غلاف	شاخص سطح برگ
تکرار	۲	۸۳/۱۶	۷۷/۵۲	۱۵۱/۸۳	۰/۰۶
آهن	۴	۱۲۵/۱۲ **	۱۱۹/۳۷	۲۱۴۵/۲۵ **	۰/۰۱
مواد افزودنی	۲	۱۱۷/۹۱ *	۲۸۵/۶۵ *	۱۹۵۱/۵۶ **	۰/۰۰۷
آهن × مواد افزودنی	۸	۳۸/۴۶	۱۳۱/۰۷	۷۸۲/۹۸ **	۰/۰۱
خطا	۲۸	۲۸/۱۹	۸۳/۷۱	۱۹۰/۸۶	۰/۰۲
ضریب تغییرات		۱۰/۳۶	۱۴/۶۸	۱۵/۱۵	۲۲/۳۲

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد

جدول پیوست ۲- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه و غلاف و شاخص سطح برگ تحت تاثیر محلول پاشی آهن و مواد افزودنی

تیمارها	وزن خشک ساقه (گرم در متر مربع)	وزن خشک غلاف (گرم در متر مربع)	شاخص سطح برگ
آهن	صفر	a ۵۱/۲۹	۰/۶۵
معمولی ۰/۲۵ گرم در لیتر	ab۵۰/۴۸	cd۸۱/۲۵	۰/۶۵
معمولی ۰/۵ گرم در لیتر	a ۵۴/۶۸	b ۹۵/۷۹	۰/۶۰
نانو ۰/۲۵ گرم در لیتر	a ۵۴/۳۳	a۱۱۴/۳۱	۰/۶۹
نانو ۰/۵ گرم در لیتر	b۴۵/۴۴	d۷۳/۹۰	۰/۷۰
LSD 5%	۵/۱۲	۱۳/۳۴	
مواد افزودنی	صفر	b۴۸/۷۵	۰/۶۴
D.G ADJUVANT	ab۵۰/۷۱	b۸۳/۷۳	۰/۶۵
RCP-5	a۵۴/۲۸	a۱۰۴/۳۰	۰/۶۸
LSD 5%	۳/۹۷	۱۰/۳۳	

حروف غیرمشترک در هرستون بیانگر وجود اختلاف معنی دار می باشد

جدول پیوست ۳- میانگین مربعات صفات زراعی تحت تأثیر محلول پاشی آهن و مواد افزودنی

میانگین مربعات					
منابع تغییر	درجه آزادی	قطر ساقه	ارتفاع ساقه	تعداد ساقه فرعی	تعداد ساقه فرعی فرعی
تکرار	۲	۰/۰۰۸	۱/۵۸	۱/۲۶	۰/۶۹
آهن	۴	۰/۰۰۲	۳/۷۰	۰/۳۱	۱/۱۷
مواد افزودنی	۲	۰/۰۰۱	۱۴/۵۵**	۰/۱۲	۰/۳۳
آهن x مواد افزودنی	۸	۰/۰۰۱	۲/۹۷	۰/۲۸	۰/۸۷
خطا	۲۸	۰/۰۰۱	۲/۰۶	۰/۳۲	۰/۶۳
ضریب تغییرات		۵/۶۱	۱۱/۲۷	۱۲/۲۹	۱۹/۶۵

** و *** به ترتیب معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد

جدول پیوست ۴- مقایسه میانگین صفات زراعی تحت تأثیر محلول پاشی آهن و مواد افزودنی

تیمارها	قطر ساقه (میلی متر)	تعداد ساقه فرعی (در تک بوته)	تعداد ساقه فرعی فرعی (در تک بوته)
آهن	۰/۶۳	۴/۳۳	۳/۵۹
معمولی ۰/۲۵ گرم در لیتر	۰/۶۵	۴/۷۴	۴/۱۰
معمولی ۰/۵ گرم در لیتر	۰/۶۷	۴/۷۴	۳/۸۸
نانو ۰/۲۵ گرم در لیتر	۰/۶۶	۴/۷۴	۴/۵۷
نانو ۰/۵ گرم در لیتر	۰/۶۵	۴/۷۷	۴/۱۴
LSD 5%			
مواد افزودنی	۰/۶۵	۴/۷۵	۴/۲۳
D.G ADJUVANT	۰/۶۶	۴/۶۶	۳/۹۵
RCP-5	۰/۶۵	۴/۵۷	۳/۹۹
LSD 5%			

حروف غیرمشترک در هرستون بیانگر وجود اختلاف معنی دار می باشد

جدول پیوست ۵- میانگین مربعات عملکرد و اجزای عملکرد تحت تاثیر محلول پاشی آهن و مواد افزودنی

میانگین مربعات						
منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد سبز	تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن هزاردانه	عملکرد نهایی
تکرار	۲	۶۳۹۰۹۸/۱۷	۲۷/۲۷	۰/۴۸	۲۷/۹۳	۲۷۲۸۱۱/۴۳
آهن	۴	۶۹۷۹۰۲۶/۹۵ **	۵/۴۹	۰/۰۸	۵۵۴/۸۰ **	۱۷۳۲۹۴۰/۳۲ **
مواد افزودنی	۲	۵۱۰۳۳۷۵/۵۷ **	۱۱/۶۳	۲/۳۳ **	۱۰۸/۹۳	۱۴۷۰۱۱۷۴/۴۶ **
آهن × مواد افزودنی	۸	۸۲۲۰۲۸۹/۱۹ **	۱۱/۷۵	۰/۹۶ **	۵۰۱/۳۴ **	۴۰۴۵۵۶۷/۱۸ **
خطا	۲۸	۵۵۰۰۵۹/۷	۷/۰۲	۰/۱۱	۱۱۰/۹۱	۲۹۹۹۷۵/۳۸
ضریب تغییرات		۱۲/۵۹	۲۰/۲۳	۷/۴۸	۴/۸۵	۱۱/۷۶

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد

جدول پیوست ۶- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد تحت تاثیر محلول پاشی آهن و مواد افزودنی

تیمارها	عملکرد سبز (کیلوگرم در هکتار)	تعداد غلاف (در بوته)	تعداد دانه (در غلاف)	وزن هزاردانه (گرم)	عملکرد نهایی (کیلوگرم در هکتار)
آهن	صفر	۱۲/۸۲	۴/۷۱	ab۲۱۶/۹۳	b۴۴۲۵/۳
معمولی ۰/۲۵ گرم در لیتر	d۲۰۷۷/۷	۱۲/۱۳	۴/۴۶	c۲۰۵/۵۱	b۴۲۴۶/۵
معمولی ۰/۵ گرم در لیتر	a۳۵۷۷/۲	۱۳/۸۸	۴/۵۱	a۲۲۵/۹۴	a۵۳۸۳/۵
نانو ۰/۲۵ گرم در لیتر	b۲۷۶۹/۴	۱۳/۹۱	۴/۶۰	bc۲۱۳/۵۵	b۴۷۲۲/۳
نانو ۰/۵ گرم در لیتر	cb۲۷۴۲/۵	۱۲/۷۱	۴/۵۱	ab۲۲۱/۸۱	b۴۴۸۲/۶
LSD 5%	۳۸۰/۳۷			۱۰/۱۷	۵۲۸/۸۷
مواد افزودنی	صفر	۱۲/۳۸	c۴/۱۸	۲۱۸/۶۰	c۳۵۸۴/۴
D.G ADJUVANT	a۳۲۳۸/۹	۱۴/۰۸	a۴/۹۷	۲۱۳/۶۶	a۵۵۳۶/۸
RCP-5	b۲۵۴۶/۴	۱۲/۸۱	b۴/۵۲	۲۱۷/۹۹	b۴۸۴۵/۷
LSD 5%	۲۹۴/۶۳		۰/۲۵		۴۰۹/۶۶

حروف غیرمشترک در هرستون بیانگر وجود اختلاف معنی دار می باشد

جدول پیوست ۷- میانگین مربعات کلروفیل برگ تحت تاثیر محلول پاشی آهن و مواد افزودنی

میانگین مربعات					
منابع تغییر	درجه آزادی	a کلروفیل	b کلروفیل	a+b کلروفیل	کاروتنوئید
تکرار	۲	۰/۰۰۳	۰/۰۷۷	۰/۱۰	۰/۰۰۲۴
آهن	۴	۰/۰۳۱	۰/۰۳۵	۰/۱۳	۰/۰۰۲۷ *
مواد افزودنی	۲	۰/۰۰۰۴	۰/۰۲۲	۰/۰۲	۰/۰۰۰۹
آهن × مواد افزودنی	۸	۰/۰۱۷	۰/۰۳۲	۰/۰۹	۰/۰۰۱۴
خطا	۲۸	۰/۰۱۵	۰/۰۲۱	۰/۰۶	۰/۰۰۰۹
ضریب تغییرات		۱۵/۴۶	۱۴/۹۹	۱۳/۹۴	۲۶/۳۱

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد

جدول پیوست ۸- مقایسه میانگین مربعات کلروفیل برگ تحت تاثیر محلول پاشی آهن و مواد افزودنی

تیمارها	a کلروفیل	b کلروفیل	a+b کلروفیل	کاروتنوئید
(میلی گرم در گرم)				
آهن	۰/۷۵	۰/۹۱	۱/۶۷	ab۰/۱۱
معمولی ۰/۲۵ گرم در لیتر	۰/۸۱	۰/۹۸	۱/۷۹	ab۰/۱۱
معمولی ۰/۵ گرم در لیتر	۰/۹۱	۱/۰۸	۲/۰۰	a۰/۱۴
نانو ۰/۲۵ گرم در لیتر	۰/۷۹	۰/۹۵	۱/۷۵	a۰/۱۳
نانو ۰/۵ گرم در لیتر	۰/۷۹	۰/۹۷	۱/۷۶	b۰/۰۹
LSD 5%				
مواد افزودنی	۰/۸۲	۱/۰۰	۱/۸۳	۰/۱۱
D.G ADJUVANT				
	۰/۸۱	۱/۰۰	۱/۸۱	۰/۱۲
RCP-5				
	۰/۸۱	۰/۹۳	۱/۷۴	۰/۱۲
LSD 5%				

حروف غیرمشترک در هرستون بیانگر وجود اختلاف معنی دار می باشد

جدول پیوست ۹- میانگین مربعات برخی صفات فیزیولوژیکی تحت تاثیر محلول پاشی آهن و مواد افزودنی

میانگین مربعات						
منابع تغییر	درجه آزادی	آهن غلاف	آهن برگ	پروتئین غلاف	عملکرد پروتئین	آب نسبی برگ
تکرار	۲	۱۶۴/۸۰	۳۶۵/۳۳	۱۳/۹۲	۳۰۱۰/۷۸	۱۸۵/۸۰
آهن	۴	۲۴۲/۷۸ **	۱۶۴۲۶/۶۷ **	۵/۶۷ **	۱۳۶۱۲۱/۶۷ **	۵۸/۴۱ *
مواد افزودنی	۲	۳۱۷/۰۷ **	۵۵۱۶/۹۳ *	۰/۹۲	۹۲۰۲۹/۳۳ **	۱۱۱/۳۸ *
آهن x مواد افزودنی	۸	۴۲۶/۹۱ **	۶۹۸۰/۰۰۶ **	۲/۵۸ *	۲۹۷۴۷۰/۳۱ **	۴۱/۰۴
خطا	۲۸	۲۳/۶۸	۱۴۴۹/۰۵	۰/۸۴	۹۵۰۶/۶۱	۲۱/۱۴
ضریب تغییرات		۱۸/۶۰	۱۹/۳۴	۵/۰۷	۹/۳۸	۶/۸۷

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد

جدول پیوست ۱۰- مقایسه میانگین مربعات برخی صفات فیزیولوژیکی تحت تاثیر محلول پاشی آهن و مواد افزودنی

تیمارها	آهن غلاف (میلی گرم در کیلو گرم)	آهن برگ (میلی گرم در کیلو گرم)	پروتئین غلاف (درصد)	عملکرد پروتئین (کیلوگرم در هکتار)
آهن	b۲۷/۲۴	c۱۵۴/۶۰	c۱۶/۹۳	a ۱۲۲۷/۹۷
معمولی ۰/۲۵ گرم در لیتر	a۳۲/۸۰	b۲۲۰/۶۷	bc۱۷/۶۶	bc۱۰۳۵/۴۴
معمولی ۰/۵ گرم در لیتر	b۲۴/۷۳	c۱۶۴/۵۸	ab۱۸/۵۱	b۱۰۶۷/۶۵
نانو ۰/۲۵ گرم در لیتر	c۱۸/۴۹	bc۱۸۵/۶۷	ab۱۸/۵۰	cd ۹۴۶/۷۴
نانو ۰/۵ گرم در لیتر	b۲۷/۴۸	a۲۵۸/۳۵	a۱۸/۹۰	d۹۱۴/۷۲
LSD 5%	۴/۶۹	۳۶/۷۵	۰/۸۸	۹۴/۱۵
مواد افزودنی	b۲۲/۵۲	b۱۸۰/۶۸	۱۸/۳۹	b۹۴۸/۰۶
D.G ADJUVANT	a۳۱/۳۲	a۲۱۸/۰۰	۱۷/۹۶	a ۱۰۸۳/۳۱
RCP-5	b۲۴/۶۰	ab۱۹۱/۶۴	۱۷/۹۶	a ۱۰۸۴/۱۴
LSD 5%	۳/۶۳	۲۸/۴۷		۷۲/۹۲

حروف غیرمشترک در هرستون بیانگر وجود اختلاف معنی دار می باشد

Abstract

Iron has crucial biological role in both plants and animal cells. Given that nano fertilizers have started to be used in agriculture, it seems foliar application of iron in nano form may have an impact on better absorption by crop and eventually on plant overall health and survival once competed with the common form. Despite the biological importance of nano-iron, its absorption through leaves somewhat difficult, herein, use of additives to nano-iron was investigated in green bean. The experiment was performed in faculty of agriculture, Shahrood University in 2012. The treatments were is foliar application of iron in 5 levels (0, 0.25,0.5 common iron element, and 0.25 and 0.5 gr/Li for iron nano particles) and 3 levels of additives, namely 0, D.G ADJUVANT and RCP-5. The field trial was performed based on factorial experiments in 3 replicated and the blocks were completely randomized. The beginning of flowering period, .i.e. 55 days post sowing date plants were treated. The results were indication of having the highest pod dried weight achieved at 0.25 nano-iron + D.G ADJUVANT, 54.86% higher than the check. The highest yield was achieved in the presence of D.G ADJUVANT and absence of Fe foliar application. In contrast, 0.5 nano-Fe + 0 additives the pod dried weight and yield were reduced significantly in comparison with application D.G ADJUVANT. The highest Fe levels in leaves, 311 mg/kg, and in pods, 51.47 mg/kg, were seem in 0.25 Fe+ D.G ADJUVANT. RCP-5 + 0.5 nano-Fe and no additives +0.25 Fe were showed to have the highest seed protein content, 19.40 % and 19.30% respectively. The highest cartenoid content and relative leaf water were noted at 0.5 Fe. In summary, Fe esp In higher concentration had greater effect on the studied traits. Moreover, nano-Fe + RCP-5 and Fe + D.G ADJUVANT impressive data.

Key words: adjuvants,leguminous, nano-fertilizer.



Shahrood University Of Technology
Faculty Of Agronomy and plant Breeding

Thesis M.Sc

**Effect of Iron nano-particle foliar application with D.J.ADJUVANT
and RCP-5 additive material on Growth and Yeild of *Phaseolus
vulgaris* L.**

Donia Nozary rad

Supervisors

Dr. Mehdi Bardaran Firouzabadi

Dr.Hasan Makarian

Advisors

Dr. Naser Farrokhi

Dr. Ahmad Gholami

February 2014