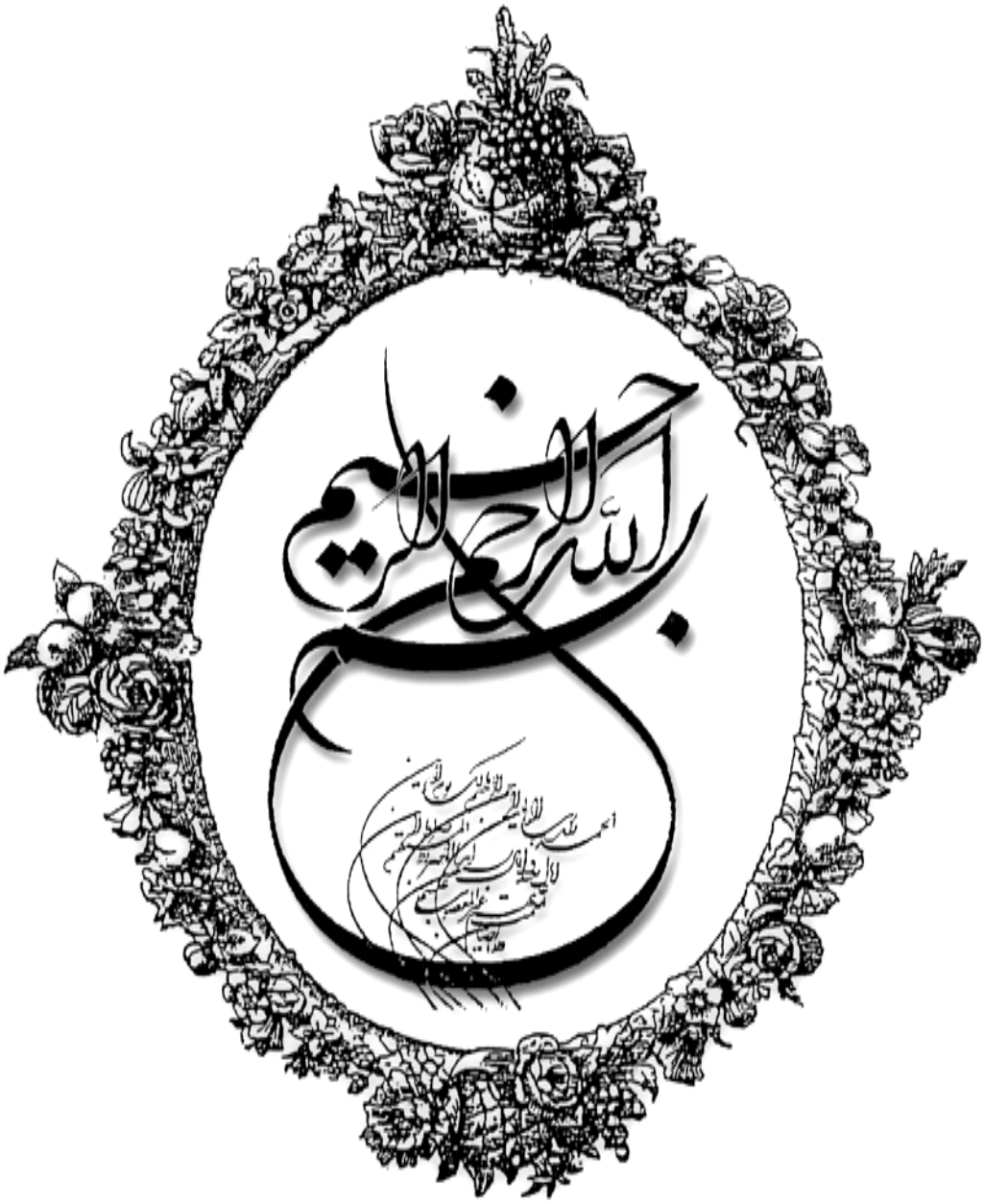
بسم الله الرحمن الرحیم

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده کشاورزی

تأثیر تغذیه برگی نانو ذرات آهن و روی بر برخی صفات فیزیولوژیک آفتابگردان تحت تنش شوری

پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت

شهرام ترابیان

استاد راهنما

دکتر مرتضی زاهدی

۱۳۹۰

دانشگاه صنعتی اصفهان

دانشکده کشاورزی

پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت آقای شهرام ترابیان

تحت عنوان

تأثیر تغذیه برگی نانو ذرات آهن و روی بر برخی صفات فیزیولوژیک آفتابگردان تحت تنش شوری

در تاریخ ۱۳۹۰/۱۲/۱۵ توسط کمیته تخصصی زیر مورد بررسی وتصویب نهایی قرار گرفت.

۱. استاد راهنمای پایان‌نامه	دکتر مرتضی زاهدی
۲. استاد مشاور پایان‌نامه	دکتر احمد ارزانی
۳. استاد مشاور پایان‌نامه	دکتر امیرحسین خوش‌گفتارمنش
۴. استاد داور	دکتر محمد حسین اهتمام
۵. استاد داور	دکتر محمد رضا مصدقی
سرپرست تحصیلات تحصیلی دانشکده	دکتر احمد ریاسی

تشکر و قدردانی:

سپاس خداوندی را که به ما نعمت آموختن عطا نمود تا با آن از ظلمت و جهل رهایی یابیم و ستایش او را که تجلی وجودش در دو گوهر گرانمایه زندگی‌ام، پدر ومادرم که هزاران بار دستان پر از مهر و محبت‌شان را می‌بوسم بوده است. اینک که در پرتو لطف و عنایات خداوند سبحان مراحل این تحقیق به پایان رسیده است، بر خود لازم می‌دانم که از کلیه عزیزانی که اینجانب را در انجام این مهم یاری نمودند، خاشعانه تشکر و قدردانی نمایم.

از استاد بزرگوارم جناب آقای دکتر زاهدی که در کمال صبر و شکیبایی من را راهنمایی کردند، جناب آقای دکتر ارزانی، دکتر خوش‌گفتارمنش که زحمت مشاوره من را بر عهده داشتند، صمیمانه سپاس‌گذاری می‌نمایم. همچنین از اساتید محترم جناب آقای دکتر اهتمام و آقای دکتر مصدقی که زحمت بازخوانی و داوری پایان‌نامه را بر عهده گرفتند، سپاسگذارم.

یاد و خاطره همکاری‌ها و هم فکری همکلاسی‌ها و دوستان عزیزم مهران جابرزاده، امید شریف‌احمدیان، علی‌رضا فتحی، مهدی سیدان جاسبی، عباس غفوری و احمد قاسمی نشان از ماندگارترین خاطراتم خواهد بود. آرزوی توفیقشان را در تمامی مراحل زندگی دارم.

بجاست از زحمات کارکنان آزمایشگاه‌های گروه زراعت و اصلاح نباتات آقایان مهران آقارخ و مهندس خزایی به خاطر هم فکری‌ها و راهنمایی‌هایشان در طی اجرای این طرح تشکر صمیمانه نمایم. در نهایت از زحمات آقای برزویی کمال تشکر را دارم.

شهرام ترابیان

اسفند ماه ۹۰

کلیه حقوق مادی مترتب بر نتایج مطالعات، ابتکارات و
نوآوری‌های ناشی از تحقیق موضوع این پایان‌نامه متعلق به
دانشگاه صنعتی اصفهان است.

تقدیم به:

خون پاک شهیدان

۸ سال دفاع مقدس

فهرست مطالب صفحه

چکیده **۱**

فصل اول: مقدمه **۳**

فصل دوم: بررسی منابع **۷**

۲-۱- اهمیت اقتصادی آفتابگردان ۷

۲-۲- منشأ و خصوصیات گیاهی ۸

۲-۳- سازگاری ۹

۲-۴- مراحل نمو ۱۰

۲-۵- وسعت و توزیع اراضی شور ۱۱

۲-۶- تنش‌های محیطی ۱۱

۲-۷- تعریف شوری ۱۲

۲-۸- واکنش گیاهان به شوری ۱۳

۲-۹- مکانیسم‌های تأثیر شوری بر گیاهان ۱۳

۲-۱۰- فیزیولوژی مقاومت به شوری ۱۴

۲-۱۱- اثرات شوری بر مراحل و شاخص‌های رشد ۱۴

۲-۱۲- تأثیر شوری بر کارایی فتوشیمیایی ۱۶

۲-۱۳- تأثیر شوری بر محتوای کلروفیل ۱۷

۲-۱۴- تأثیر شوری بر فتوسنتز و تبادلات گازی ۱۷

۲-۱۵- تأثیر شوری بر محتوای پرولین و کربوهیدرات‌های محلول ۱۸

۲-۱۶- تأثیر شوری بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی ۱۸

۲-۱۷- تأثیر شوری بر پراکسیداسیون لیپیدی ۱۹

۲-۱۸-تأثیر شوری بر محتوای یونی ۱۹

۲-۱۸-۱ سدیم ۱۹

۲-۱۸-۲- پتاسیم ۲۰

۲-۱۹- تاثیر شوری بر آفتابگردان ۲۰
۲-۲۰- آهن و نقش آن در گیاهان ۲۱
۲-۲۱- روی و نقش آن در گیاهان ۲۲
۲-۲۲- نقش عناصر ریزمغذی در گیاهان ۲۳
۲-۲۳- محلول‌پاشی عناصر غذایی ۲۵
۲-۲۴- نقش عناصر ریزمغذی در کاهش اثرات تنش‌های محیطی ۲۶
۲-۲۵-فناوری نانو در کشاورزی ۲۷
۲-۲۵-۱- ضرورت بکارگیری فناوری نانو در علوم کشاورزی و صنایع غذایی ۲۷
۲-۲۵-۲- کاربرد فناوری نانو در زراعت و اصلاح نباتات ۲۷
۲-۲۵-۴- کاربرد فناوری نانو در تولیدکود و سم ۲۸
فصل سوم: مواد و روش‌ها ۲۹
۳-۱- آزمایش اول ۲۹
۳-۲- صفات مورد بررسی ۳۱
۳-۲-۱- فلورسانس کلروفیل برگ ۳۱
۳-۲-۲-ارتفاع گیاه ۳۱
۳-۲-۳-سطح برگ ۳۱
۳-۲-۴- وزن خشک گیاه ۳۱
۳-۲-۵- محتوای کلروفیل برگ ۳۱
۳-۲-۶- محتوای پرولین برگ ۳۲
۳-۲-۷- محتوای کربوهیدرات‌های محلول ۳۲
۳-۲-۸- اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان برگ ۳۲
۳-۲-۹- پراکسیداسیون لیپیدی (مقدار مالون د آلدهید) ۳۴
۳-۲-۱۰- اندازه‌گیری عناصر در گیاه ۳۵
آزمایش دوم ۳۵
۳-۴-صفات مورد بررسی ۳۶
۳-۴-۱-تبادلات گازی ۳۶

۳-۵- محاسبات آماری ۳۶

فصل چهارم: نتایج و بحث ۳۷

۴-۱-آزمایش اول: محلول‌پاشی سولفات آهن ۳۷

۴-۱-۱-ارتفاع گیاه ۳۷

۴-۱-۲-سطح برگ ۳۸

۴-۱-۳-وزن خشک اندام هوایی ۳۹

۴-۱-۴-راندمان فتوشیمیایی ۳۹

۴-۱-۵-محتوای کلروفیل برگ ۴۱

۴-۱-۶-محتوای پرولین برگ ۴۲

۴-۱-۷-محتوای کربوهیدرات‌های محلول برگ ۴۳

۴-۱-۸- فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی ۴۶

۴-۱-۹- غلظت مالون د آلدئید ۴۷

۴-۱-۱۰- غلظت عناصر در اندام هوایی ۵۰

۴-۲- آزمایش دوم: محلول‌پاشی اکسید روی ۵۸

۴-۲-۱- ارتفاع گیاه ۵۸

۴-۲-۲- سطح برگ ۵۸

۴-۲-۳- وزن خشک اندام هوایی ۵۹

۴-۲-۴- وزن خشک ریشه ۶۰

۴-۲-۵- راندمان فتوشیمیایی ۶۲

۴-۲-۶- تبادلات گازی ۶۲

۴-۲-۷- محتوای کلروفیل برگ ۶۵

۴-۲-۸- محتوای پرولین برگ ۶۶

۴-۲-۹- محتوای کربوهیدرات‌های محلول برگ .....

۴-۲-۱۰- فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی ۷۰

۴-۲-۱۱- غلظت مالون د آلدئید ۷۱

۴-۲-۱۲- غلظت عناصر در اندام هوایی ۷۴

فصل پنجم: نتیجه‌گیری و پیشنهادها ۸۱

۵-۱-نتیجه گیری ۸۱

۵-۲-پیشنهادها ۸۲

منابع ۸۴

چکیده

به منظور بررسی تأثیر محلول‌پاشی سولفات آهن و اکسید روی به فرم معمول و نانو ذرات بر واکنش ارقام الستار، السیون، هایسان۳۶، یورفلور و هایسان۳۳ آفتابگردان به دو سطح شوری صفر و ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم دو آزمایش گلدانی هر یک به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار ترتیب داده شد. تیمارهای کودی آزمایش اول شامل محلول‌پاشی سولفات آهن به فرم معمول و نانو ذرات و تیمار شاهد عدم محلول‌پاشی و در آزمایش دوم محلول‌پاشی اکسید روی به فرم معمول و نانو ذرات و تیمار شاهد عدم محلول‌پاشی بود. در اثر شوری ارتفاع، سطح برگ، وزن خشک اندام هوایی، محتوای کلروفیل، سرعت فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای، غلظت دی‌اکسیدکربن درون روزنه، راندمان فتوشیمیایی، غلظت عناصر پتاسیم، آهن و روی در اندام هوایی کاهش و فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز، گلوتاتیون ردوکتاز، سوپراکسید دسموتاز، پراکسیداز، میزان پراکسیداسیون لیپیدی، محتوای پرولین و کربوهیدرات‌های محلول برگ و غلظت سدیم در اندام هوایی افزایش یافت. در اثر محلول‌پاشی سولفات آهن به فرم نانو ذرات ارتفاع، سطح برگ، وزن خشک اندام هوایی و محتوای کلروفیل افزایش یافت. در حالی که اثر محلول‌پاشی سولفات آهن به فرم معمول بر این صفات معنی‌دار نبود. در عین حال محلول‌پاشی سولفات آهن به هر دو فرم نسبت کلروفیل a به b، راندمان فتوشیمیایی، فعالیت آنزیم کاتالاز، غلظت آهن در اندام هوایی را افزایش و غلظت سدیم اندام هوایی را کاهش داد. اثر محلول‌پاشی سولفات آهن بر محتوای پرولین و کربوهیدرات‌های محلول برگ، میزان پراکسیداسیون لیپیدی و فعالیت آنزیم‌های سوپراکسید دسموتاز، آسکوربات پراکسیداز، پراکسیداز و گلوتاتیون ردوکتاز معنی‌دار نبود. در اثر محلول‌پاشی کود اکسید روی به هر دو فرم معمول و نانو ذرات ارتفاع بوته، سطح برگ، وزن خشک اندام هوایی، سرعت فتوسنتز، محتوای کلروفیل، فعالیت آنزیم سوپراکسید دسموتاز و غلظت روی در اندام هوایی افزایش و غلظت سدیم در اندام هوایی کاهش یافت. درصد افزایش محتوای کلروفیل و وزن خشک اندام هوایی در اثر محلول‌پاشی با نانو ذرات اکسید روی نسبت به فرم معمول آن بیشتر بود. اثر محلول‌پاشی اکسید روی به هر دو فرم معمول و نانو ذرات بر ارتفاع، وزن خشک ریشه، هدایت روزنه‌ای، محتوای پرولین و کربوهیدرات‌های محلول برگ، فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز، گلوتاتیون ردوکتاز و پراکسیداز، میزان پراکسیداسیون لیپیدی، غلظت پتاسیم در اندام هوایی معنی‌دار نبود. اثر متقابل شوری و رقم در آزمایش اول بر سطح برگ، وزن خشک اندام هوایی، فعالیت آنزیم سوپراکسید دسموتاز و در آزمایش دوم علاوه بر صفات فوق الذکر بر سرعت فتوسنتز، محتوای پرولین و کربوهیدرات‌های محلول، محتوای پتاسیم و نسبت سدیم به پتاسیم در اندام هوایی معنی‌دار بود. میزان کاهش وزن خشک اندام هوایی در اثر شوری در رقم السیون در مقایسه با سایر ارقام کمتر بود. رابطه مستقیمی بین مقاومت این رقم به شوری با میزان افزایش محتوای پرولین، کربوهیدرات‌های محلول و فعالیت آنزیم سوپراکسید دسموتاز در شرایط شور وجود داشت. واکنش مثبت رقم یورفلور نسبت به محلول‌پاشی نانو ذرات سولفات آهن بر غلظت آهن و اکسید روی بر غلظت روی در اندام هوایی نسبت به ارقام دیگر بارزتر بود. اثر متقابل شوری و سولفات آهن بر ارتفاع، محتوای کربوهیدرات‌های محلول، فعالیت آنزیم کاتالاز، غلظت سدیم اندام هوایی و اثر متقابل شوری و اکسید روی بر فعالیت آنزیم سوپراکسید دسموتاز، غلظت سدیم و روی در اندام هوایی معنی‌دار بود. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که بین ارقام آفتابگردان از نظر واکنش به تنش شوری تفاوت وجود دارد و محلول‌پاشی سولفات آهن و اکسید روی به فرم نانو ذرات در مقایسه با فرم معمول آنها تأثیر مثبت بیشتری بر تولید ماده خشک و صفات مرتبط با آن دارد.

کلمات کلیدی: آفتابگردان، شوری، محلول‌پاشی، سولفات آهن، اکسید روی، نانو ذرات، آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی

فصل اول
مقدمه

شور شدن زمین‌های کشاورزی به علت روش‌های فشرده خاک‌ورزی و آبیاری یکی از عوامل مهم در کاهش عملکرد و تولید محصولات زراعی به ویژه در نواحی خشک و نیمه‌خشک می‌باشد. در این نواحی پایین بودن میزان بارش‌های آسمانی قادر به شستن نمک‌های اضافی از ناحیه ریشه نمی‌باشد. همچنین این نواحی سرعت تبخیر بالایی دارند،که می‌تواند باعث افزایش غلظت نمک در خاک سطحی شود [۱۶]. اصولاً خاک شور به خاکی گفته می‌شود که غلظت املاح محلول در آن به قدری باشد که عملکرد را کاهش دهد، مشروط بر آنکه سایر عوامل مانعی برای رشد محصول ایجاد نکند. برآوردهای متفاوتی با دامنه‌ای بین ۳۴۳ تا ۱۰۰۰ میلیون هکتار به عنوان مساحت زمین‌های شور در سطح دنیا گزارش شده است [۱۱۳ و ۱۸۵]. به طورکلی از حدود ۱۴ میلیارد هکتار سطح خشکی کره زمین تنها حدود ۱۰ درصد (۱/۴ میلیارد هکتار) مناسب کشت است، که از این میان حدود یک سوم زمین‌های تحت آبیاری به طور قابل توجهی شور می‌باشند [۱۴۴]. در ایران نیز با توجه به این که بخش زیادی از مساحت کشور در مناطق خشک و نیمه‌خشک واقع شده است، مشکل شوری یک معضل بزرگ درکشاورزی می‌باشد. در ایران حدود ۱۴/۷ درصد از مساحت کل کشور را اراضی شور تشکیل داده‌اند و نزدیک به ۵۰ درصد از زمین‌های مورد استفاده کشاورزی با درجات مختلف با مشکل شوری یا قلیایی بودن مواجه می‌باشند [۳۰].

شوری از طرق متعددی از جمله کاهش پتانسیل آب خاک در اثر تجمع املاح (اثر اسمزی) و ایجاد خشکی فیزیولوژیک در محیط ریشه، خسارت ناشی از سمیت یون‌ها و بر هم خوردن تعادل عناصر غذایی می‌تواند رشد و نمو گیاهان را تحت تأثیر قرار دهد. شوری موجب بروز اختلالات گوناگون تغذیه‌ای در گیاه شده و در نتیجه شرایط نامساعدی برای رشد و نمو گیاه ایجاد می‌گردد. این نارسایی‌ها ممکن است به دلیل اثرهای منفی شوری بر قابلیت جذب عناصر غذایی و یا مربوط به اثر شوری در ایجاد رقابت بین یون‌ها برای جذب، انتقال و توزیع در بخش‌های مختلف گیاه باشد. در خاک‌های شور و سدیمی، حلالیت عناصر کم مصرف، نظیر آهن، منگنز، مس، روی و مولیبدن پایین بوده و گیاهانی که در این خاک‌ها رشد می‌کنند، اغلب از نظر این عناصر دچار کمبود می‌باشند [۱۸].

آهن در حدود ۵ درصد از پوسته زمین را تشکیل می‌دهد و چهارمین عنصر لیتوسفر است. مقدار کل آهن در خاک بین ۲۰۰ تا ۱۰۰۰۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم است با این وجود بخش کمی از آن به صورت محلول می‌باشد، بنابراین مقدار کل آهن خاک ارزش چندانی در تشخیص کمبود آهن ندارد. حلالیت آهن خاک بسیار کم است. ترکیبات شیمیایی آهن که به صورت محلول به خاک اضافه می‌شود به سرعت به صورت مواد کم محلول در می‌آید [۱۸۸]. آهن یکی از عناصر مهم در واکنش‌های اکسایش - احیا در گیاهان می‌باشد که حدود ۸۵ درصد از آهن یاخته با کلروپلاست در ارتباط است [۱۴۰]. آهن به دو صورت دو ظرفیتی و کلات جذب می‌شود که این عنصر در ساختار هموپروتئین‌ها مانند سیتوکروم‌ها، سیتوکروم اکسیداز و لگ‌هموگلوبین شرکت می‌کند. اگر گیاهی قادر به جذب آهن نباشد ساخت سبزینه (کلروفیل) در برگ کاهش می‌یابد و برگ‌ها رنگ پریده خواهند شد. چون آهن در گیاه پویا نیست (غیرمتحرک است) این علایم ابتدا در برگ‌های جوان و در قسمت بالای ساقه مشاهده می‌شود و با شدت یافتن کمبود، تمامی گیاه را در بر می‌گیرد.

عنصر روی دارای نقش‌های فیزیولوژیکی گوناگونی در گیاهان است. روی جزء فلزی کامل‌کننده نزدیک به ۳۰۰ آنزیم می‌باشد. روی با وجود اینکه جزء عناصر کم مصرف است ولی به دلیل نقش گسترده‌ای که در فعالیت‌های متابولیکی گیاه دارد، کمبود آن باعث اختلال در این فرآیندها می‌شود. گیاهان اغلب در شرایط بی‌هوازی یا کم هوازی مانند خاک‌های غرقابی، دچار کمبود روی می‌شوند.

مصرف بی‌رویه و نامتعادل کودهای شیمیایی به خصوص کودهای فسفری سبب گردیده توازن عناصر غذایی به ویژه عناصر کم مصرف در خاک به هم خورده و منجر به کاهش جذب عناصر آهن، روی، مس و منگنز توسط گیاه گردد. به علاوه شرایط آهکی و قلیایی خاک‌های زراعی از دیگر عوامل محدودکننده جذب عناصر کم مصرف می‌باشد. با توجه به محدودیت‌های مصرف خاکی عناصر کم مصرف (از قبیل تثبیت شدن و اثرات باقیمانده) محلول‌پاشی یا تغذیه برگی از راه‌های موثر در برطرف کردن نیاز غذایی گیاهان به عناصر کم مصرف است [۱۸۶]. جلالیان [۱۳] نشان داد محلول‌پاشی عنصر روی اثر معنی‌داری بر تعداد دانه، وزن هزار دانه، قطر طبق، عملکرد دانه و عملکرد روغن آفتابگردان داشت و بالاترین عملکرد دانه و عملکرد روغن، در تیمار محلول‌پاشی همزمان سه عنصر آهن، روی و بر بود که این تیمار بالاترین تعداد دانه را نیز به خود اختصاص داد.

آفتابگردان از جمله گیاهان مهم دانه روغنی می‌باشد که به طور گسترده‌ای در ایران و در بسیاری دیگر از کشورهای جهان مورد کشت و کار قرار می‌گیرد. روغن آفتابگردان به علت کیفیت بالا، رنگ روشن، طعم مناسب و سطوح پایین

اسیدهای چرب اشباع مورد توجه می‌باشد. آفتابگردان در گروه گیاهان نسبتاً مقاوم به شوری قرار دارد. مقاومت آفتابگردان به شوری از گندم کمتر و از این نظر تقریباً مشابه سورگوم است. عملکرد آفتابگردان تا شوری حدود ۵ دسی‌زیمنس بر متر به طور قابل ملاحظه‌ای تحت تأثیر شوری قرار نمی‌گیرد. ولی شوری حدود ۹ دسی‌زیمنس بر متر سبب حدود ۲۵ تا ۳۰ درصد و شوری حدود ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر سبب حدود ۵۰ درصد کاهش در عملکرد آفتابگردان می‌گردد [۱۶].

نانو تکنولوژی علم، هنر و توانایی ریز کردن عناصر و کنترل آن در اندازه نانومتری می‌باشد. تولید کودها و سموم در ابعاد نانو امروزه بسیار مورد توجه قرار گرفته است. از جمله کودهایی در ابعاد نانو می‌توان به نانو ذرات آهن و روی اشاره کرد که به دلیل افزایش در عملکرد محصولات بسیار مورد توجه قرار گرفته است. به نظر می‌رسد این کودها به دلیل ریز بودن، فعالیت بیشتری نسبت به کودهای معمولی داشته باشد و در نتیجه عملکرد بالاتری ایجاد کند. این آزمایش با هدف بررسی تأثیر نانو ذرات آهن و روی بر صفات فیزیولوژیکی پنج رقم آفتابگردان تحت تنش شوری اجرا شد.

فصل دوم
بررسی منابع

۲-۱- اهمیت اقتصادی آفتابگردان

دانه‌های روغنی و فرآورده‌های آن نقش مهمی در اقتصاد بسیاری از کشورهای جهان ایفا می‌کنند [۳۹].کشت دانه‌های روغنی از دیرباز بخش مهمی از کشاورزی بسیاری از کشورها بوده است.کشور ایران، با کمبود تولید روغن مواجه است و برای تأمین نیاز داخلی سالانه بایستی حدود یک میلیون تن روغن و یا معادل آنها دانه‌های روغنی از خارج وارد شود. از طرفی، چربی به عنوان تأمین کننده حدود ۲۵ تا ۳۰ درصد انرژی روزانه جزء نیازهای اساسی در تغذیه به شمار می‌رود [۳۲].

آفتابگردان یکی از مهمترین گیاهان روغنی دنیا است که برای تأمین روغن خوراکی کشت می‌شود [۵۴]. بر اساس آمار سازمان خوار و بار کشاورزی جهانی (FAO) تولید جهانی آفتابگردان در سال ۲۰۰۹، حدود ۲۶/۸ میلیون تن و سطح زیر کشت آن حدود ۲۳/۸ میلیون هکتار با متوسط عملکرد ۱۳۴۱ کیلوگرم در هکتار بوده است و کشورهای روسیه، اکراین و آرژانتین حائز رتبه‌های اول تا سوم تولید دانه آفتابگردان شدند [۹۸]. روغن آفتابگردان به دلیل رنگ روشن، فقدان بو، طعم مطلوب، درجه دودی شدن بالا، کیفیت غذایی مطلوب، پایداری اکسیداتیو بالا، دارا بودن ویتامین‌های محلول در چربی مانند آلفاتوکوفرول که نوعی ویتامین E است از ارزش غذایی بالایی برخوردار است [۴ و ۳۹]. میزان روغن در دانه ارقامی که جهت روغن‌گیری مصرف می‌شوند، غالباً ۴۰ تا ۵۰ درصد است ولی میزان روغن تا ۶۵ درصد نیز در

ارقام اصلاح شده گزارش شده است. دانه آفتابگردان ۱۵ تا ۲۰ درصد پروتئین دارد [۱۶]. پروتئین آفتابگردان از نظر کیفیت تغذیه‌ای قابل رقابت با پروتئین سایر دانه‌های روغنی می‌باشد و شامل ۵۵ تا ۶۰ درصد گلوبولین، ۱۷ تا ۲۳ درصد آلبومین، ۱۱ تا ۱۷ درصد گلوتامین و ۱ تا ۴ درصد پرولامین می‌باشد. پروتئین آفتابگردان در مقایسه با پروتئین اکثر گیاهان روغنی از نظر دارا بودن اسیدهای آمینه ضروری بر اکثر پروتئین‌های گیاهی برتری دارد و از نظر قابلیت هضم شبیه پروتئین سویا می‌باشد [۶۲]. پروتئین آفتابگردان از لحاظ اسیدآمینه لایسین فقیر است، ولی از لحاظ اسیدآمینه متیونین غنی‌تر از سویا می‌باشد [۱۶]. دانه آفتابگردان دارای حدود ۱۸ درصد کربوهیدرات است که ساکارز عمده‌ترین قند محلول آن می‌باشد. در بسیاری از کشورها دانه آفتابگردان عمدتاً برای مصرف انسان به صورت خام یا بو داده مصرف می‌شود. از موارد استفاده از پوست دانه آفتابگردان می‌توان به کاربرد آن در تهیه فیبرهای عایق، مواد ساختمانی، الکل، فورفورال و گازهای قابل سوخت اشاره کرد [۱۶].

کنجاله به عنوان محصول جنبی از صنعت استخراج روغن محسوب می‌شود. کنجاله حاصل از دانه کامل دارای ۱۵ تا ۲۵ درصد پروتئین بوده و برای تغذیه نشخوارکنندگان مطلوب است. کنجاله پوست‌گیری شده حدود ۳۰ تا ۴۵ درصد پروتئین دارد و برای مصرف طیور مناسب می‌باشد. ساقه آفتابگردان الیاف فیبری و سلولزی زیادی داشته و در صنایع کاغذسازی و تهیه سلولز کاربرد دارد [۱۶].

۲-۲- منشأ و خصوصیات گیاهی

آفتابگردان از گیاهان بومی نواحی مرکزی قاره آمریکاست و ظاهراً منشأ آن پرو یا مکزیک است. این گیاه در قرن شانزدهم میلادی توسط اسپانیایی‌ها به اروپا برده شد و از آنجا به سایر نقاط دنیا راه یافت [۱۶]. تاریخ ورود آفتابگردان به ایران به طور دقیق مشخص نیست [۳۹] اما کشت آن به عنوان دانه روغنی از سال ۱۳۴۴ با ورود رقم آرماویروکسی و ونمیک ۸۹۳۱ از اتحاد جماهیر شوروی سابق آغاز شد و با تشکیل شرکت سهامی خاص کشت و توسعه دانه‌های روغنی در سال ۱۳۴۷ نسبت به کشت آن در سطح وسیع اقدام شد [۱۶].

آفتابگردان با نام علمی *Helianthus annus* L گیاهی است دیپلوئید (۲n = ۳۴) یکساله، یک‌پایه، دولپه و از تیره مرکبه (Compositae) که به صورت استوار و بلند قامت رشد می‌کند [۱۶]. جنس هلیانتوس ۶۷ گونه را شامل می‌شود که همگی بومی قاره آمریکا هستند و دارای تعداد کروموزوم پایه ۱۷ است [۳۹]. از تفاوت‌های اساسی بین انواع زراعی و اصلاح شده آفتابگردان با انواع وحشی آن، وجود طبق‌های بزرگ‌تر و عدم وجود یا وجود تعداد کمی شاخه جانبی در انواع زراعی و اصلاح شده است. آفتابگردان ریشه راست و توسعه یافته دارد [۱۶]. توسعه ریشه آفتابگردان با رشد قسمت‌های هوایی گیاه هماهنگی دارد [۱]. رشد ریشه تا مرحله رویت طبق سریع است و پس از آن، از سرعت رشد کاسته شده و در فاصله زمانی بین آغاز تا پایان گرده‌افشانی رشد ریشه متوقف می‌شود. ساقه آفتابگردان زراعی بدون شاخه، بلند، ضخیم، خشن و کرک‌دار است و معمولاً به رنگ سبز یا زرد مایل به سبز، گاهی رگه‌دار یا مایل به رنگ آبی دیده می‌شود [۱۶ و ۶۰]. برگ‌های آفتابگردان بزرگ، کرک‌دار، قلبی شکل، دارای حاشیه مضرس و دمبرگ بلند بوده و اغلب ۱۰ تا ۳۰ سانتی‌متر طول و ۵ تا ۲۰ سانتی‌متر عرض دارند. رنگ آنها معمولاً سبز تیره است، اما گاهی ممکن است رنگ سبز مایل به آبی یا قرمز داشته باشند. گل‌آذین آفتابگردان به صورت طبق و شامل یک نهنج بزرگ است. در

مرحله رسیدگی به حالت محدب، مقعر و یا مسطح دیده می‌شود. در حاشیه نهنج، براکته‌های مشاهده می‌شوند که برگ‌های تغییر شکل یافته‌اند [۱۶]. براکته‌ها دارای شکل تخم‌مرغی یا مستطیلی و نوک‌دار بوده و در سه ردیف قرار دارند که روی هم قرار داشته و از گل‌ها محافظت می‌کنند [۵۰]. در هر طبق تا ۴۰۰۰ گل مشاهده می‌شود که به صورت مارپیچ آرایش یافته‌اند. مکان گل‌ها روی مارپیچ به نحوی است که به نظر می‌رسد گل‌های زایا بر روی کمان‌هایی که از مرکز طبق می‌گذرند، توزیع شده‌اند [۳۹].

میوه آفتابگردان از نوع فندقه است و شامل یک دانه حقیقی با پوسته نازک و فرابر ناشکوفا می‌باشد که معمولاً با دانه مترادف گرفته می‌شود [۱۶]. قاعده دانه گرد، نوک آن کشیده و پوسته میوه کم و بیش مسطح است [۳۹ و ۵۰]. طول دانه معمولاً از ۱۰ تا ۲۵ میلی‌متر، عرض آن از ۵ تا ۱۵ میلی‌متر و قطر آن از ۳ تا ۸ میلی‌متر تغییر می‌یابد. وزن هزار دانه غالباً بین ۴۵ تا ۱۰۰ گرم می‌باشد، ولی بین ۴۰ تا ۲۰۰ گرم نیز گزارش شده است [۱۶]. دانه به رنگ‌های سفید، خاکستری راه راه، قهوه‌ای، بنفش تیره و سیاه دیده می‌شود [۲۵]. دانه آفتابگردان دارای ۱۰ تا ۲۵ درصد پروتئین است. میزان روغن دانه آفتابگردان در ارقام گوناگون بین ۲۶ تا ۵۰ درصد متغیر است [۱۶]. ارقام آجیلی که دانه درشت‌تری دارند، دارای درصد روغن کمتر (۲۵ تا ۳۵ درصد) و ارقام روغنی که دانه کوچک‌تری دارند دارای درصد روغن بیشتر (۴۰ تا ۵۰ درصد) می‌باشند. میزان پوسته حدود ۲۰ تا ۵۰ درصد وزن دانه را تشکیل می‌دهد که در ارقام اصلاح شده این میزان به ۲۰ تا ۲۵ درصد وزن دانه می‌رسد. هرچه دوران رسیدگی دانه با هوای خنک‌تری مواجه شود، بر درصد اسید چرب غیراشباع لینولئیک و نیز ارزش غذایی روغن دانه آفتابگردان افزوده می‌گردد [۴۰]. علل پوکی دانه آفتابگردان عدم تلقیح گل‌ها و یا انتقال نیافتن مواد غذایی می‌باشد که خود می‌تواند به علت کمبود آب در موقع گرده‌افشانی و دانه بستن و دیگری وزش باد گرم و خشک هنگام دانه بستن باشد. هنگامی که دانه بسته می‌شود، اگر باد گرم بوزد، دانه پوک می‌شود. اما اگر موقع شیری شدن دانه‌ها باد بوزد، دانه‌ها لاغر می‌شوند. به طور کلی، کمبود آب در خاک یا وزش باد گرم در موقع دانه بستن از مهم‌ترین عوامل موثر در پوکی دانه آفتابگردان هستند. در این زمینه، کمبود حشرات گرده‌افشان در درجه دوم اهمیت قرار دارد. مجموع عوامل یاد شده مسئول ۸۰ درصد پوکی دانه‌ها هستند [۴۰].

۲-۳- سازگاری

طیف سازگاری آفتابگردان بسیار وسیع است و از عرض جغرافیایی ۴۰ درجه جنوبی تا ۵۵ درجه شمالی کاشته می‌شود. اما بیشترین تولید آن در عرض‌های جغرافیایی ۲۰ تا ۵۰ درجه شمالی و ۲۰ تا ۴۰ درجه جنوبی صورت می‌گیرد. آفتابگردان از سطح دریا تا ارتفاع ۲۵۰۰ متری از سطح دریا رشد می‌کند، اما به طور کلی بیشترین بازدهی روغن آن در هکتار در ارتفاع کمتر از ۱۵۰۰ متر است [۶۰]. تولید آفتابگردان در سطح جهان در مناطق معتدله بیشتر از مناطق گرمسیر است [۶۲]. به طوری که این گیاه در اغلب مناطق معتدل به خوبی رشد می‌کند. ویژگی‌های مختلف مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی آفتابگردان در تطبیق‌پذیری آن اهمیت زیادی دارد. آفتابگردان گیاهی گرمادوست است [۱۶]، اما اکثر ارقام آفتابگردان نسبت به طول روز بی‌تفاوت هستند [۱۶ و ۳۹]. دمای پایه برای رشد آفتابگردان حدود ۶ درجه سانتی‌گراد است. این گیاه در دمای ۹ تا ۱۰ درجه سانتی‌گراد (در خاک) با سرعت قابل قبولی جوانه می‌زند. رشد مطلوب آفتابگردان در میانگین دمای شبانه‌روزی حدود ۱۸ تا ۲۲ درجه سانتی‌گراد بدست می‌آید [۱].