

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ





دانشگاه شاهرود

دانشکده کشاورزی

گروه زراعت

تأثیر تنش خشکی و محلول پاشی نانو اکسید آهن بر عملکرد کمی و  
خصوصیات کیفی کنجد (*Sesamum indicum L.*)

مریم گلیج

استاد راهنما:

دکتر مصطفی حیدری

اساتید مشاور:

دکتر مهدی برادران فیروز آبادی

دکتر هادی قربانی

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

شهریور ماه ۱۳۹۴



تقدیم به "همراهان تمام لحظات زندگی ام"

پدر بزرگوارم؛

که وجودش سرچشمه لطف است و اسوه تلاش و فداکاری

مادر مهربان و دلسوزم؛

اسطوره گذشت و عشق

همسر عزیزم؛

همراه صبورم که حمایت هایش بی انتها و دریاییست

## همه کسانی که دوستان دارم

### پاسکزاری

پاس بیکران ایزدمنان را که در پرتو لایزالش توفیق آموختن میسر نمود تا منت پذیر آستان کبریایی اش باشم. امروز که به توفیق ایزد مهربان، راهی دیگر از زندگی را با موفقیت سپری کردم، پیشانی شکر بر سجده گاه عبودیت می سایم و بر خود واجب می دانم که از منت گذاران این راه قدر دانی نمایم و با شهادت قلم چند سطر را به پاس زحمات بی دریغشان بنگارم. در همین راستا بر اساس روایت مشهور لم یشکر مخلوق لم یشکر الخالق، نخست سزاوار است نهایت سپاس قلبی خود را تقدیم حضور استاد اهنمای گرامیم جناب آقای دکتر مصطفی حیدری گردانم که زحمات بی سائبه ای متحمل گشته اند و در تمامی این مدت با بردباری مرار اهنمایی فرمودند و بی شک انجام مراحل مختلف این پایان نامه بدون حمایت و پشتیبانی ایشان امکان پذیر نبود. از استاد مشاورم جناب آقای دکتر مهدی برادران فیروز آبادی و جناب آقای دکتر لادی قربانی به دلیل مشاوره های بی منت و راهنمایی های ارزشمندشان سپاسگزارم. از داوران محترم جناب آقای دکتر احمد

غلامی و جناب آقای دکتر حسن بکاریان به خاطر نظرات ارزنده و اصلاحیات بجا و دلسوزانه‌شان ممنون و سپاسگزارم.

در این تلاش کوچک با تمام عشق و اشتیاق از پدر و مادر عزیزم نخستین آموزگاران زندگیم تشکر کرده و بوسه بردستان مردانه پدر و چشمان دعاگوی مادرم می‌زنم، آنان که امروز من آرزوی دیروزشان بود و از خداوند منان می‌خواهم عمری بی‌فزاید تا گوشه‌ای از زحماتشان را جبران کنم و هم‌سر عزیزم که نشانه لطف الهی در زندگی من است و دوستان، همیشگی ام خواهان و برادرم، آن‌ها که، همواره حامی و مشوقم بوده‌اند و بی‌سمودن روزهای سخت و آسان زندگی ام بدون دعای خیر و برکت و جودشان غیر ممکن بود. سر و جودشان، همیشه سرسبز و استوار باد.

مریم کلج

شهر ۹۴

تعهد نامه

اینجانب مریم گلیج دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته مهندسی کشاورزی گرایش زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود نویسنده پایان نامه تأثیر تنش خشکی و محلول پاشی نانو اکسید آهن بر عملکرد کمی و خصوصیات کیفی کنجد تحت راهنمایی جناب آقای دکتر حیدری متعهد می شوم.

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهشهای محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام « دانشگاه 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.

چکیده



کمبود آب از مهم‌ترین عوامل محدود کننده رشد گیاهان زراعی در مناطق خشک و نیمه خشک به شمار می‌رود. این عامل علاوه بر کاهش رشد و عملکرد محصول، سبب اختلال در جذب عناصر غذایی نیز می‌شود. در این بین امروزه استفاده از نانو کودها در شرایط مختلف محیطی در عرضه تولید محصولات زراعی مورد توجه قرار گرفته است. از این رو به منظور بررسی تأثیر غلظت‌های مختلف نانو اکسید آهن بر عملکرد کمی و خصوصیات کیفی کنگد در شرایط تنش خشکی، آزمایشی به صورت اسپلیت پلات و بر پایه طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود اجرا گردید. تیمارهای آزمایش شامل سه سطح دور آبیاری شامل  $a_1$ =شاهد (دور آبیاری ۸ روز)،  $a_2$ = دور آبیاری ۱۲ روز و  $a_3$ = دور آبیاری ۱۶ روز به عنوان عامل اصلی و چهار سطح محلول پاشی نانو اکسید آهن شامل:  $b_1$ =شاهد (بدون مصرف هیچ نوع کود)،  $b_2$ =  $0.5$  کیلوگرم در هزار لیتر آب،  $b_3$ =  $1$  کیلوگرم در هزار لیتر آب و  $b_4$ =  $1.5$  کیلوگرم در هزار لیتر آب به عنوان عامل فرعی لحاظ شدند. نتایج نشان داد اثر متقابل تنش خشکی و محلول پاشی نانو اکسید آهن تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه، میزان بیوماس تولیدی، هدایت روزنه ای برگ‌ها، رنگدانه کلروفیل  $b$ ، میزان کارتنوئید برگ، پروتئین دانه، پرولین، فعالیت آنزیم کاتالاز و مقدار آهن دانه داشت. بیشترین عملکرد دانه و بیوماس تولیدی و آهن دانه از تیمار  $a_1b_2$ ، هدایت روزنه ای از تیمار  $a_1b_2$  و پرولین از تیمار  $a_3b_2$  حاصل شد. اثر اصلی تنش خشکی بر روی صفاتی از جمله تعداد دانه در کپسول، وزن هزار دانه و کلروفیل  $a$  معنی دار شد. در این تحقیق، همچنین اثرات اصلی محلول پاشی نانو اکسید آهن بر روی فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز و درصد روغن دانه معنی دار گردید. این در حالی بود که تیمار تنش خشکی و نانو اکسید آهن به تنهایی اثر منفی بر روی پتاسیم دانه کنگد داشتند. بطور کلی از نتایج این آزمایش می‌توان استنباط کرد که محلول پاشی نانو اکسید آهن در حد بین  $0.5$  تا  $1$  کیلوگرم در هزار لیتر آب با بهبود فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه کنگد در شرایط تنش خشکی تا حدی توانست مانع تأثیر سوء تنش بر عملکرد دانه و صفات کیفی کنگد شود.

کلمات کلیدی: کم آبیاری، نانو کودها، کنگد

## فهرست مطالب

## عنوان

## صفحه

فصل اول : مقدمه.....	۲
فصل دوم کلیات و بررسی منابع .....	۵
۱-۲-کنجد .....	۶
۱-۱-۲-اهمیت کنجد.....	۶
۲-۱-۲- مشخصات گیاه شناسی کنجد .....	۷
۱-۲-۱-۲- ریشه .....	۷
۲-۲-۱-۲- ساقه .....	۷
۳-۲-۱-۲- برگ .....	۸
۴-۲-۱-۲- گل .....	۸
۵-۲-۱-۲- میوه .....	۹
۶-۲-۱-۲- دانه .....	۹
۳-۱-۲- روش کاشت کنجد .....	۱۰
۱-۳-۱-۲- کرتی .....	۱۰
۲-۳-۱-۲- جوی و پشته .....	۱۰
۴-۱-۲- برداشت کنجد.....	۱۱
۵-۱-۲- پراکنش جغرافیایی کنجد .....	۱۱
۶-۱-۲- نیاز اکولوژیکی .....	۱۲
۱-۶-۱-۲- حرارت .....	۱۲
۲-۶-۱-۲- خاک .....	۱۳
۳-۶-۱-۲- اقلیم.....	۱۳
۴-۶-۱-۲- طول فصل رشد .....	۱۳
۷-۱-۲- ارقام گیاه کنجد .....	۱۴
۸-۱-۲- ارزش غذایی .....	۱۴

۱۵	۹-۱-۲- خواص دارویی
۱۶	۲-۲- تنش‌های محیطی
۱۷	۱-۲-۲- تعریف خشکی
۱۸	۳-۲-۲- اثرات تنش خشکی
۱۹	۴-۲-۲- تاثیر خشکی بر ابعاد گوناگون رشد، جذب و عملکرد گیاهان زراعی
۱۹	۳-۲- مکانیسم‌های فیزیولوژیکی
۲۰	۴-۲- نقش عناصر غذایی در گیاهان
۲۲	۵-۲- اثر تنش خشکی بر جذب عناصر غذایی
۲۳	۶-۲- آهن
۲۳	۱-۶-۲- نقش آهن در تغذیه و سلامت انسانها
۲۴	۲-۶-۲- نقش عنصر آهن در گیاهان
۲۵	۳-۶-۲- علائم کمبود یا بیش بود آهن در گیاهان
۲۶	۷-۲- محلول پاشی
۲۷	۱-۷-۲- نقش محلول پاشی عنصر آهن و عناصر ریز مغذی بر عملکرد و اجزای عملکرد در گیاهان زراعی
۲۸	۸-۲- نانو تکنولوژی
۲۸	۱-۸-۲- کاربرد نانو در کشاورزی
۲۹	۲-۸-۲- کاربرد نانو کودها
۳۱	۹-۹- اثر متقابل تنش خشکی و آهن بر گیاهان زراعی
۳۲	<b>فصل سوم: مواد و روش</b>
۳۴	۱-۳- زمان و مشخصات محل اجرا آزمایش
۳۴	۲-۳- خصوصیات خاک محل آزمایش
۳۴	۳-۳- مشخصات طرح آزمایشی
۳۵	۴-۳- مشخصات کرت‌ها
۳۷	۵-۳- عملیات اجرایی
۳۷	۱-۵-۳- عملیات آماده سازی زمین جهت کاشت

- ۳۷-۳-۵-۲ کاشت ..... ۳۷
- ۳۷-۳-۵-۳ داشت ..... ۳۷
- ۳۸-۳-۴-۴ اعمال تیمارها ..... ۳۸
- ۳۸-۳-۴-۱ سطوح مختلف تنش خشکی ..... ۳۸
- ۳۸-۳-۴-۲ سطوح مختلف محلول پاشی نانو اکسید آهن ..... ۳۸
- ۳۸-۳-۵-۵ برداشت ..... ۳۸
- ۳۹-۳-۶ نمونه برداری ..... ۳۹
- ۳۹-۳-۷ عملکرد و اجزای عملکرد ..... ۳۹
- ۴۰-۳-۷-۱ اجزای عملکرد دانه ..... ۴۰
- ۴۰-۳-۷-۲ تعداد دانه در کیسول، تعداد کیسول در بوته ..... ۴۰
- ۴۰-۳-۷-۳ تعداد شاخه جانبی ..... ۴۰
- ۴۰-۳-۷-۴ ارتفاع گیاه ..... ۴۰
- ۴۰-۳-۸-۱ صفات فیزیولوژیک ..... ۴۰
- ۴۰-۳-۸-۱-۱ اندازه گیری میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کارتنوئید ..... ۴۰
- ۴۱-۳-۸-۲ اندازه گیری میزان کربوهیدرات محلول در اندام هوایی ..... ۴۱
- ۴۲-۳-۸-۳ اندازه گیری پروتئین دانه ..... ۴۲
- ۴۳-۳-۸-۴ اندازه گیری روغن دانه ..... ۴۳
- ۴۴-۳-۸-۵ اندازه گیری پرولین اندام هوایی ..... ۴۴
- ۴۴-۳-۸-۶ اندازه گیری فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان ..... ۴۴
- ۴۴-۳-۸-۱-۱ استخراج عصاره آنزیمی و روش اندازه گیری آنزیم‌ها ..... ۴۴
- ۴۵-۳-۸-۲-۲ اندازه گیری فعالیت آنزیم کاتالاز (CAT) ..... ۴۵
- ۴۶-۳-۸-۳-۳ فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز (GPX) ..... ۴۶
- ۴۶-۳-۹-۳ اندازه گیری برخی عناصر غذایی در اندام هوایی گیاه ..... ۴۶
- ۴۶-۳-۹-۱-۱ اندازه گیری پتاسیم دانه ..... ۴۶
- ۴۷-۳-۹-۲-۲ اندازه گیری فسفر در دانه ..... ۴۷

۴۷	..... اندازه گیری عنصر آهن در دانه
۴۸	..... ۱۰-۳- اندازه گیری هدایت روزنه‌ای (پرومتر) ، محتوای نسبی آب برگ
۴۸	..... ۱-۱۰-۳- اندازه گیری هدایت روزنه‌ای
۴۸	..... ۲-۱۰-۳- اندازه گیری محتوای نسبی آب برگ
۴۹	..... ۱۱-۳- محاسبات و تجزیه و تحلیل آماری
۵۱	..... <b>فصل چهارم: نتایج و بحث</b>
۵۲	..... ۱-۴- ارتفاع
۵۳	..... ۲-۴- تعداد شاخه‌های فرعی
۵۵	..... ۳-۴- تعداد دانه در کپسول
۵۶	..... ۴-۴- تعداد کپسول در بوته
۵۶	..... ۵-۴- ارتفاع اولین کپسول از سطح زمین
۵۶	..... ۶-۴- وزن هزار دانه
۵۷	..... ۷-۴- عملکرد دانه
۵۹	..... ۸-۴- عملکرد بیولوژیک
۶۱	..... ۹-۴- شاخص برداشت
۶۳	..... ۱۱-۴- تنظیم کننده‌های اسمزی
۶۳	..... ۱-۱۱-۴- پرولین
۶۴	..... ۲-۱۱-۴- کربوهیدرات برگ
۶۵	..... ۱۲-۴- محتوای نسبی آب برگ (RWC)
۶۶	..... ۱۳-۴- هدایت روزنه‌ای
۶۷	..... ۱۴-۴- رنگدانه‌های فتوسنتزی
۶۷	..... ۱-۱۴-۴- کلروفیل a
۶۸	..... ۲-۱۴-۴- کلروفیل b
۷۰	..... ۳-۱۴-۴- کاروتنوئید
۷۱	..... ۱۵-۴- پروتئین دانه

۷۳	۱۶-۴- روغن دانه
۷۴	۱۷-۴- فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان
۷۴	۱-۱۷-۴- آنزیم کاتالاز (CAT)
۷۶	۳-۱۷-۴- فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز (GPX)
۷۷	۱۸-۴- عناصر معدنی دانه
۷۷	۱-۱۸-۴- محتوای پتاسیم دانه
۷۸	۲-۱۸-۴- محتوای فسفر دانه
۷۸	۳-۱۸-۴- آهن دانه
۸۲	۱-۵- نتیجه‌گیری
۸۲	۲-۵- پیشنهادات
۹۱	منابع

## فهرست شکل‌ها

شکل	صفحه
شکل ۱-۳ نمایی از زمین مزرعه	۳۴
شکل ۲-۳ نقشه اجرایی طرح آزمایش	۳۵
شکل ۳-۳ نمایی از برداشت گیاه کنجد	۳۸
شکل ۴-۳ نمایی از اندازه گیری هدایت روزنه‌ای	۸۲
شکل ۱-۴ اثر متقابل خشکی و محلول پاشی نانو اکسید آهن بر ارتفاع بوته	۸۲
شکل ۲-۴ اثر متقابل خشکی و محلول پاشی نانو اکسید آهن بر عملکرد دانه	۸۲
شکل ۳-۴ اثر متقابل خشکی و محلول پاشی نانو اکسید آهن بر عملکرد بیولوژیک	۵۹
شکل ۴-۴ اثر متقابل خشکی و محلول پاشی نانو اکسید آهن بر شاخص برداشت	۸۲
شکل ۵-۴ اثر متقابل خشکی و محلول پاشی نانو اکسید آهن بر پرولین گیاه	۸۲
شکل ۶-۴ اثر متقابل خشکی و محلول پاشی نانو اکسید آهن بر محتوی نسبی آب برگ	۸۲
شکل ۷-۴ اثر متقابل خشکی و محلول پاشی نانو اکسید آهن بر هدایت روزنه‌ای برگ	۶۶
شکل ۸-۴ اثر متقابل خشکی و محلول پاشی نانو اکسید آهن بر غلظت کلروفیل b گیاه	۶۹
شکل ۹-۴ اثر متقابل خشکی و محلول پاشی نانو اکسید آهن بر محتوای کاروتنوئید گیاه	۷۰
شکل ۱۰-۴ اثر متقابل خشکی و محلول پاشی نانو اکسید آهن بر درصد پروتئین دانه	۸۲
شکل ۱۱-۴ اثر متقابل خشکی و محلول پاشی نانو اکسید آهن بر فعالیت آنزیم کاتالاز	۸۲
شکل ۱۲-۴ اثر متقابل خشکی و محلول پاشی نانو اکسید آهن بر میزان غلظت آهن دانه	۷۹

## فهرست جدول‌ها

صفحه	جدول
۸۲.....	جدول ۳-۱ نتایج تجزیه خاک محل آزمایش در عمق ۳۰-۰ سانتیمتری
۳۴.....	جدول ۳-۲ مشخصات نانو ذره آهن
۸۵.....	جدول ۴-۱ نتایج تجزیه واریانس تیمارهای مورد مطالعه بر تعداد دانه در کپسول، ارتفاع، تعداد شاخه جانبی، تعداد کپسول در بوته، ارتفاع اولین کپسول از زمین، وزن هزار دانه، عملکرد اقتصادی، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت
۸۶.....	جدول ۴-۲ مقایسه میانگین تیمارهای مورد مطالعه بر تعداد دانه در کپسول، ارتفاع، تعداد شاخه جانبی، تعداد کپسول در بوته، ارتفاع اولین کپسول از زمین، وزن هزار دانه، عملکرد اقتصادی، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت
۸۷.....	جدول ۴-۳ تجزیه واریانس تیمارهای مورد مطالعه بر رنگدانه‌های فتوسنتزی، تنظیم‌کننده‌های اسمزی، محتوی نسبی آب برگ و هدایت روزنه‌ای
۸۸.....	جدول ۴-۴ مقایسه میانگین تیمارهای مورد مطالعه بر رنگدانه‌های فتوسنتزی، تنظیم‌کننده‌های اسمزی، محتوی نسبی آب برگ و هدایت روزنه‌ای
۸۸.....	جدول ۴-۵ تجزیه واریانس تیمارهای مورد مطالعه بر آنزیم‌های آنتی اکسیدانی، عناصر ریزمغذی، روغن و پروتئین دانه کنجد
۸۹.....	جدول ۴-۶ مقایسه میانگین تیمارهای مورد مطالعه بر آنزیم‌های آنتی اکسیدانی، عناصر ریزمغذی، روغن و پروتئین دانه کنجد



فصل اول:

مقدمہ

ایران با قرار گرفتن در عرض جغرافیایی ۲۵ تا ۳۸ درجه جزو مناطق خشک و نیمه خشک به حساب می‌آید. عملکرد گیاهان زراعی در نتیجه کمبود نزولات جوی و عدم تأمین نیاز آبی آن‌ها در طول فصل رشد به شدت کاهش یافته و از این رو نیاز به آبیاری افزایش می‌یابد (بنی عباس شهری و همکاران، ۱۳۹۱). از میان تنش‌هایی که گیاهان با آن‌ها روبه رو می‌شوند، تنش خشکی در اکثر مناطق جهان از مهم‌ترین عوامل محدود کننده رشد گیاهان در سیستم‌های طبیعی و کشاورزی به-شمار می‌آید. براساس مطالعات، در بین تنش‌های محیطی، تنش خشکی موجب کاهش ۴۵ درصدی عملکرد محصولات زراعی شده است (امام و زواره، ۲۰۰۵). از طرف دیگر ایران سرزمینی خشک و نیمه خشک با ریزش‌های جوی بسیار کم است. میانگین بارش سالانه کشور حدود ۲۷۴ میلی‌متر است که در مقایسه با میانگین بارش کره زمین (حدود ۸۶۰ میلی‌متر)، این مقدار بسیار کم بوده و نشان دهنده واقعیت خشکی در ایران است (علیزاده و همکاران، ۱۹۹۹). تنش خشکی، اغلب ناشی از کاهش پتانسیل آب خاک است. در چنین شرایطی، فرآیند تنظیم اسمزی به توسعه سلولی و رشد گیاه در شرایط تنش آبی کمک می‌کند (باجی و همکاران، ۲۰۰۱، اسلامی و همکاران، ۲۰۱۲). گیاهان زراعی از مهم‌ترین منابع تأمین نیاز غذایی انسان هستند. افزایش عملکرد این گیاهان که تابعی از عوامل ژنتیکی، محیطی و اثرات متقابل آن‌ها می‌باشد اهمیت به‌سزایی دارد (میبدی و همکاران، ۱۳۸۱). در میان گیاهان زراعی، گیاهان روغنی بعد از غلات به‌عنوان دومین منبع تأمین انرژی در تغذیه انسان می‌باشند که با توجه به وابستگی ۹۰ درصدی واردات روغن در ایران بسیار حائز اهمیت است (ترکمانی و همکاران، ۱۳۸۶). کنجد از دانه‌های روغنی مهم در کشاورزی به‌شمار می‌رود و ظاهراً قدیمی‌ترین گیاه دانه روغنی جهان محسوب می‌شود (خواجه پور، ۱۳۸۳). این گیاه به‌علت دارا بودن درصد بالای روغن، پروتئین و محتویات آنتی‌اکسیدانی نقش مهمی در تغذیه انسان، صنعت و صنایع داروسازی دارد (موریس، ۲۰۰۲). سطح زیرکشت کنجد در جهان و ایران به ترتیب در حدود ۶۵۰۰ و ۴۲ هزار هکتار است (گلستانی و پاکنیت، ۱۳۸۶). روغن دانه کنجد دارای ۵۹-۳۲ درصد اسید اولئیک، ۳۷-۵۴ درصد اسید لینولئیک و فاقد کلسترول می‌باشد، بنابراین کیفیت روغن این گیاه برای

تغذیه در سطح بالایی می‌باشد. همچنین روغن آن دارای تعدادی از آنتی اکسیدان‌ها همانند سسامولین، سسامین و سسامول است (سوجا، ۲۰۰۴). کنگد از نظر رشدی به گرما و نور فراوان احتیاج دارد و به دمای پائین حساس است (خواجه پور، ۱۳۸۶). یکی از اثرات تنش خشکی برهم زدن تعادل تغذیه‌ای در گیاه است (لویس و مک فارلین، ۱۹۸۶). با تکمیل مصرف عناصر غذایی کم مصرف از طریق محلول پاشی، می‌تواند وضعیت رشد گیاه را در شرایط تنش بهبود بخشد (ملکوتی و لطف‌اللهی، ۱۳۷۸). روش‌های کاربرد کودهای ریز مغذی برای به‌دست آوردن بهترین نتیجه بسیار مهم هستند. در این زمان محلول پاشی برگی یک روش بسیار مناسب برای تغذیه گیاهان است (بایوردی و ممدف، ۲۰۱۰) و همچنین در صورت بالا رفتن pH محلول خاک، جذب عناصر کم مصرف بیش‌تر از سایر عناصر دچار اختلال می‌شود (گراتان و گریو، ۱۹۹۹). از آنجایی که با کاهش میزان رطوبت خاک، تحرک عناصر آهن و روی در خاک کاهش یافته و با توجه به محدودیت رشد ریشه، گیاه به‌طور فزاینده‌ای با کمبود این عناصر مواجه می‌گردد در همین راستا به دلیل اثرات مضر که کودهای شیمیایی در محیط زیست و کیفیت غذا ایجاد می‌کنند، مدت‌ها است که استفاده از آن‌ها مورد نکوهش قرار گرفته است و در سال‌های اخیر تحقیق در حوزه فناوری نانو به‌طور چشمگیری افزایش یافته است. فناوری نانو می‌تواند راه‌هایی برای بالا بردن ارزش محصولات کشاورزی و رفع مشکل محیطی ارائه دهد. واکنش پذیری بالای نانو ذرات می‌تواند نتیجه سطح ویژه بالای نانو ذرات، چگالی بیش‌تر نواحی واکنش‌پذیر بر روی سطح ذره و یا افزایش واکنش‌پذیری این نواحی بر روی سطح باشد. این ویژگی‌ها سبب می‌شود که جذب کودها و سمومی که با این ابعاد تولید می‌شوند، راحت‌تر شود و نسبت به سموم رایج تأثیر بیش‌تری داشته باشند (مظاهری نیا و همکاران، ۲۰۱۰). گیاهان عمدتاً عناصر غذایی را از طریق ریشه‌ها یا برگ‌های خود جذب می‌کنند و نانو کودها به دلیل آزادسازی آرام و کنترل شده مواد غذایی، به منظور تأمین عناصر مورد نیاز گیاه در هر دو روش جذب برگی یا ریشه‌ای، نسبت به کودهای مرسوم برتری دارند. کودهای شیمیایی برگ‌پاش عموماً به منظور فراهم کردن سریع عناصر غذایی برای گیاه مورد استفاده قرار می‌گیرند. این درحالیست که امکان دارد

بکارگیری نانو کودها در این شرایط به دلیل برخورداری از راندمان جذب عناصر بالاتر نسبت به کود-های مرسوم، موثرتر و مفیدتر باشد (ورث، ۲۰۰۷) نانو تکنولوژی یا کاربرد فناوری در مقیاس اتم و مولکول یکی از تکنولوژی های نو ظهور در قرن حاضر می باشد که تشدید فعالیت های حیاتی، آینده اقتصادی جهان را به شدت متأثر خواهد نمود. گستردگی دامنه تأثیر این فناوری بسیار زیاد بوده و می تواند بیشتر جنبه های زندگی بشر را تحت تأثیر قرار دهد. نانو تکنولوژی کاربردهای زیادی در حوزه های مختلف از جمله غذا، دارو، بهداشت، انرژی، محیط زیست، بیوتکنولوژی و کشاورزی دارد (عبدلی و همکاران، ۱۳۸۴).

با توجه به اهمیت آهن برای انسان و نقش آن در فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاهان و نیز اهمیت دانه های روغنی پژوهش حاضر جهت بررسی تأثیر محلول پاشی نانو آهن بر عملکرد کمی و خصوصیات کیفی گیاه کنجد اجرا شد.

با توجه به اینکه تأثیر همزمان تنش خشکی و محلول پاشی نانو ذرات آهن بر کنجد گزارش نشده است لذا در این مطالعه به بررسی اثر تنش خشکی و اهمیت محلول پاشی نانو ذره اکسید آهن در گیاه کنجد پرداخته شد. در قالب این پژوهش اهداف زیر مطرح و دنبال گردید:

۱- مقایسه تأثیر محلول پاشی نانو ذره آهن در شرایط تنش خشکی و عدم تنش

خشکی بر عملکرد کنجد

۲- تعیین مناسب ترین غلظت آهن برای محلول پاشی روی کنجد

۳- نقش موثر محلول پاشی نانو آهن بر بهبود اثرات ناشی از تنش خشکی در کنجد

فصل دوم:

کلمات و

## ۲-۱-کنجد

### ۲-۱-۱-اهمیت کنجد

دانه‌های روغنی پس از غلات دومین ذخیره غذایی جهان را تشکیل می‌دهند (شریعتی و همکاران، ۱۳۷۹). کنجد با نام علمی (*Sesamum indicum L.*) یکی از دانه‌های روغنی و خوراکی مهم در کشاورزی سنتی نواحی گرم به شمار می‌رود و ظاهراً قدیمی‌ترین دانه روغنی در جهان می‌باشد. این گیاه از راسته توبی فلورا<sup>۱</sup>، تیره پدالیاسه<sup>۲</sup> و جنس سزاموم<sup>۳</sup>، شامل ۱۶ زیر جنس و حدود ۶۰ گونه می‌باشد که در آسیا، آفریقا و استرالیا یافت می‌شوند (خواجه پور، م.ر. ۱۳۷۰). کنجد یکی از گیاهان دیرینه زراعی و با ارزش می‌باشد. از حدود ۲۰ گونه وحشی جنس *Sesamum* که در آسیا و آفریقا کشت می‌شود، گونه هندی (*Sesamum indicum*) از دیدگاه اقتصادی از ارزش بیشتری برخوردار می‌باشد ( وایس. ۲۰۰۰). روغن کنجد به دلیل وجود موادی مانند سسامول، سسامولین و سسامین از ثبات و پایداری زیادی برخوردار است (ساجا و همکاران، ۲۰۰۴). همچنین روغن این گیاه به دلیل اینکه کلسترول خون را کاهش می‌دهد در تغذیه انسان نقش بسیار مهمی را ایفا می‌کند (سنکار و همکاران، ۲۰۰۴). این گیاه به دلیل بالا بودن کمیت و کیفیت روغن استحصالی آن، از جایگاه ویژه‌ای در بین گیاهان روغنی برخوردار است. در سطح جهانی، هندوستان مهم‌ترین تولید کننده کنجد در دنیا است، به‌طوری‌که ۳۵ درصد از سطح زیر کشت جهانی و ۲۵ درصد از تولید جهانی را به خود اختصاص داده است (آمارنامه کشاورزی، ۱۳۸۲). براساس آمار فائو، در سال ۲۰۱۳ سطح زیر کشت (هکتار)، عملکرد (کیلوگرم) و میزان تولید (تن) کنجد در ایران به ترتیب ۴۰۰۰، ۷۰۰۰، ۲۸۰۰۰ و در جهان به ترتیب ۵۰۶۱، ۹۳۹۸۷۷۰ و ۴۷۵۶۷۵۲ بود (فائو، ۲۰۱۳).

---

<sup>۱</sup>tubi flora

<sup>۲</sup>pedaliace

<sup>۳</sup>sesamum

## ۲-۱-۲- مشخصات گیاه شناسی کنجد

کنجد گیاهی است یک ساله و دیپلوئید، که به صورت بوته‌ای استوار رشد می‌کند و به صورت خودگرده افشان و متعلق به خانواده پدالیاسه<sup>۲</sup> است (حام و همکاران، ۲۰۰۹).

### ۲-۱-۲-۱- ریشه

کنجد سیستم ریشه‌ای مستقیم، قوی و گسترده دارد که قادر است در خاک‌های نفوذپذیر گرم و مرطوب تا عمق ۲ متری نفوذ نماید. عمق توسعه ریشه در شرایط کشت آبی غالباً کمتر از ۱ متر است. بقایای ریشه برخی از ارقام کنجد ممکن است بر بعضی محصولات اثرات دگرآسیبی<sup>۴</sup> نشان دهد (مهرابی و همکاران، ۱۳۹۰). در تیپ‌های زودرس و معمولاً تک ساقه، به نسبت تیپ‌های دیررس و انبوه‌تر، رشد عمودی ریشه سریعتر است اما در تیپ دوم گستردگی ریشه سریعتر صورت می‌گیرد. ریشه‌های کنجد در خاک‌های رسی به نسبت خاک‌های شنی بیشتر گسترده می‌شوند و ویژگی‌های مقاومت کنجد در برابر خشکی تا حدی ناشی از سیستم ریشه آن است که بسیار منشعب می‌شود (نجفی و همکاران، ۱۳۹۰).

### ۲-۱-۲-۲- ساقه

ساقه کنجد مستقیم، دارای شیارهای طولی و در برش قطری چهارگوش است. سطح ساقه از صاف تا بسیار کرک‌دار متغیر می‌باشد، ظاهراً بین مقدار کرک در سطح ساقه و مقاومت رقم به خشکی رابطه مثبت وجود دارد. ساقه کنجد دارای مواد لزج (موسیلاژ) بوده و آبدار است، رنگ ساقه از سبز روشن تا ارغوانی متغیر بوده و غالباً سبز تیره است. ارتفاع ساقه معمولاً از ۶۰ تا ۱۵۰ سانتی‌متر متغیر بوده و گاه تا ۳ متر می‌رسد. بوته ممکن است تک ساقه و یا دارای انشعابات جانبی باشد (وحدتی و همکاران، ۱۳۷۸).

---

<sup>۴</sup> - Allelopathic

میزان و نوع شاخه‌دهی مانند ارتفاعی که در آن اولین شاخه به وجود می‌آید، یک ویژگی مربوط به وارپته است (وایس، ۲۰۰۰). کنگد گیاهی به ارتفاع ۱ تا ۱/۵ متر، کمی کرک‌دار و دارای ساقه منشعب می‌باشد (قهرمان، ۱۹۹۳).

#### ۲-۱-۲-۳- برگ

برگ کنگد در یک بوته یا در بین ارقام از نظر شکل و اندازه بسیار متنوع است. به طور کلی برگ‌های پایین بوته معمولاً پهن، گاه خمیده و اغلب حاشیه آن‌ها به طور آشکار دندانه‌دار و به سمت بیرون است. برگ‌های میانی بدون بریدگی، نوک‌تیز و گاه کمی دندانه‌دار است. برگ‌های بالاتر، باریک‌تر و نوک‌تیزترند (وایس، ۲۰۰۰). برگ‌ها به رنگ سبز روشن تا سبز تیره بوده، کم و بیش کرک‌دار (بسته به رقم) و دارای مواد لزج می‌باشند. آرایش برگ‌ها بر روی ساقه به رقم بستگی دارد. برگ‌ها ممکن است متناوب یا متقابل باشند. ارقامی که برگ‌های آن‌ها متقابل است، ممکن است تعداد بیشتری کپسول در هر بوته داشته باشند. زیرا در هر گره دو برگ وجود داشته و در زاویه داخلی هر برگ یک یا چند کپسول بوجود می‌آید (وحدتی و همکاران، ۱۳۷۸).

#### ۲-۱-۲-۴- گل

گل‌های کنگد بزرگ، سفید رنگ و بوقی شکل هستند. گل‌ها متقارن، ساقه گل کوتاه و خمیده، و در زوایای برگ‌های بالایی یک یا در جمع ۲ تا ۳ گل تشکیل می‌شوند. کاسبرگ کوچک و ۵ قسمتی و هر قسمت بیضی شکل نیزه‌ای و به طول ۰/۵-۰/۶ سانتی‌متر است (مالک، ۱۳۸۹). گل‌های زنگوله‌ای مانند کنگد به طول ۳ تا ۴ سانتی‌متر در زاویه داخلی برگ‌ها به ظهور می‌رسند. تشکیل گل‌ها حدود ۱/۵ تا ۲/۵ ماه بعد از سبز شدن از ناحیه پایینی بوته آغاز شده و به طرف بالا ادامه می‌یابد (وحدتی و همکاران ۱۳۷۸). جام گل مایل به قرمز و یا زرد فام و گاهی نیز سفید به طول ۲ تا ۲/۵ سانتی‌متر و دارای لبه‌های مدور است. گل‌ها نر، ماده و منفرد، نامنظم و گل آذین محوری یا خوشه انتهایی است (قهرمان، ۱۹۹۳).



گل‌ها معمولاً خودگشن می‌باشند. میزان دگرگشنی بستگی زیاد به فعالیت حشرات داشته و بندرت از ۱۰ درصد تجاوز می‌کند. هرچند در بعضی از ارقام و شرایط تا بیش از ۵۰ درصد نیز گزارش شده است (خواجه پور، ۱۳۸۳).

#### ۲-۱-۲-۵- میوه

میوه کنجد کپسولی است چهارگوش با رأس کوتاه مثلثی، کرک‌دار و با شیارهای عمیق طولانی، طول کپسول  $\frac{2}{5}$  تا ۸ سانتی‌متر و قطر آن از  $\frac{0}{5}$  تا ۲ سانتی‌متر متغیر است. در هر کپسول ۲ یا ۴ و گاه تا ۱۲ برچه مشاهده می‌شود (وحدتی و همکاران، ۱۳۷۸).

کپسول با شکافتن دیواره از طول و از بالا به پایین و یا به وسیله دو سوراخ که در نوک آن واقعند می‌شکند. هر کپسول هنگامی کاملاً رسیده است که به رنگ قهوه‌ای یا ارغوانی درآمده باشد. عملکرد دانه بستگی زیادی به تعداد کپسول در واحد سطح دارد. میزان شکوفایی یک ویژگی مربوط به ارقام است و هنگام انتخاب یا اصلاح واریته‌های مناسب برای برداشت مکانیزه بسیار حائز اهمیت است. ارتفاع اولین کپسول نیز مهم و یک خصیصه مربوط به ارقام است. معمولاً ابتدا کپسول‌هایی که در قسمت پایین ساقه قرار گرفته و در آخر کپسول‌هایی که به نوک آن نزدیک‌اند می‌رسد (وایس، ۲۰۰۰).

#### ۲-۱-۲-۶- دانه

دانه کوچک کنجد (به ابعاد حدود  $\frac{1}{5}$  در ۳ میلی‌متر) تخم مرغی شکل، کمی پهن در محل اتصال به تخمدان باریکتر است. پوسته خارجی بذر ممکن است نرم یا مضرس باشد. رنگ آن سیاه، سفید، زرد، قهوه‌ای مایل به قرمز یا خاکستری است. اما به رنگ‌های خاکستری تیره، سبز زیتونی و قهوه‌ای بسیار تیره نیز دیده می‌شود. رنگ‌های روشن از نظر کیفیت روغن مطلوب‌تر می‌باشند. در آغاز رشد دانه، سرعت تجمع پروتئین بیش از سرعت تجمع روغن است. سرعت و میزان تجمع روغن به شرایط محیطی و رقم بستگی زیادی دارد (وحدتی و همکاران، ۱۳۷۸). قسمت‌های مورد استفاده گیاه

کنجد، دانه‌های آن است که از آن روغن استخراج می‌گردد (رستگار، ۱۳۸۴). وزن هزار دانه کنجد ۲ تا ۵ گرم است. طول دانه‌ها ۳-۳/۵ و پهنای آن ۱/۷-۲ میلی‌متر می‌باشد. بذر اکثر ارقام فاقد خواب بعد از برداشت اما بذر بعضی از ارقام تا ۶ ماه خواب بعد از برداشت را نشان می‌دهند (خواجه پور، ۱۳۷۰). دانه کنجد دارای تقریباً بیش از ۴۵ درصد روغن، و ۱۹ تا ۲۵ درصد پروتئین برخوردار می‌باشد (ویس، ۲۰۰۰). البته مقادیر روغن و پروتئین دانه کنجد بسته به رقم و شرایط محیطی می‌تواند متغیر باشد. دانه کنجد علاوه بر روغن و پروتئین، از لحاظ کلسیم و فسفر غنی بوده و منبع بسیار خوبی از ویتامین‌ها می‌باشد (ویس، ۲۰۰۰؛ خواجه پور، ۱۳۸۶).

## ۲-۱-۳- روش کاشت کنجد

### ۲-۱-۳-۱-۲ کرتی

روش کاشت کنجد در شرایط آبیاری به بافت، ساختمان و زهکشی خاک و نیز روش آبیاری بستگی دارد. در صورت وجود بافت‌های سبک تا متوسط با ساختمان مناسب و عدم احتمال آب ایستادگی و یا تحت شرایط آبیاری بارانی، کنجد به صورت مسطح و در غیر این صورت به صورت جوی و پشته کاشته می‌شود. کاشت در روی زمین مسطح ممکن است با استفاده از ردیف کار غلات ریز دانه (دریل گندم) به عمل آید. فاصله کاشت با دستگاه و در زمین مسطح، فاصله روی ردیف ۳۰ تا ۴۵ سانتی‌متر، فاصله دو بذر بر روی ردیف کاشت ۳ تا ۵ سانتی‌متر و تراکم نهایی ۵۰ تا ۵۵ بوته در متر مربع مناسب بنظر می‌رسد. به دلیل کوچک بودن بذر و کمی درصد استقرار، با توجه به ضریب سبز شدن، لازم است فاصله دو بذر در روی ردیف کاشت کاهش داده شود. میزان بذر مورد نیاز برای کشت آبی برای ارقام تک ساقه بسته به کیفیت بستر بذر، دقت ماشین کاشت، وزن هزار دانه، و قدرت حیاتی بذر از حدود ۱/۵ تا ۵ کیلوگرم در هکتار متغیر است (مرادی و سیادت، ۱۳۹۱).

### ۲-۱-۳-۲- جوی و پشته

در صورت کاشت به صورت جوی و پشته، فاصله ردیف‌ها ۴۵ تا ۵۵ سانتی‌متر، فاصله دو بذر در روی ردیف کاشت ۳ تا ۵ سانتی‌متر و تراکم نهایی حدود ۳۵ تا ۴۵ بوته در متر مربع مناسب به نظر

می‌رسد. چنانچه کاشت به صورت دستپاش انجام گیرد، بذر را با چند برابر وزن خود ماسه یا خاکستر ذغال مخلوط کرده و می‌پاشند تا یکنواختی و توزیع بهتری بدست آید. در این شرایط میزان بذر مصرفی ۱۰ تا ۱۵ کیلوگرم در هکتار می‌رسد (مرادی؛ سیادت، ۱۳۹۱).

#### ۲-۱-۴- برداشت کنجد

روش و عملیات برداشت کنجد به رقم و شرایط تولید بستگی دارد. توده‌های محلی و بسیاری از ارقام کنجد دارای کپسول شکوفا هستند و احتمال ریزش دانه در آن‌ها زیاد است. غیر یکنواختی در رسیدگی در توده‌های محلی زیاد است. با نزدیک شدن به زمان رسیدگی، رنگ سبز برگ‌ها شروع به نقصان می‌نماید. به تدریج زرد شده و بعد رنگ قهوه‌ای پیدا می‌کنند و درنهایت ریزش می‌یابند. هر کپسول از نظر فیزیولوژیکی هنگامی رسیده محسوب می‌شود که زرد شده باشد. درزراعت سنتی، بوته‌ها را با دست از خاک‌های دارای بافت سبک بیرون می‌کشند و در خاک‌های دارای بافت متوسط تا نیمه سنگین با داس و از نزدیکی از سطح خاک درو می‌کنند. ساقه‌های بریده شده را دسته بندی (بافه) می‌کنند. دسته‌ها را برای چند روز در مزرعه به طور ایستاده بر هم تکیه داده تا از رطوبت آن‌ها کاسته شود. مدت زمان لازم برای خشک شدن بوته‌ها، به دلیل وجود مواد لزج در برگ‌ها و ساقه‌ها طولانی می‌باشد. بوته‌های خشک شده را بر روی پلاستیک به طور وارونه تکان می‌دهند تا دانه‌ها کاملاً رسیده بریزند (مرادی و سیادت، ۱۳۹۱).

#### ۲-۱-۵- پراکنش جغرافیایی کنجد

پراکنندگی گونه‌های مختلف کنجد در آفریقا، ایران، افغانستان، هندوستان و استرالیا آنقدر زیاد است که در رابطه با محل دقیق اهلی شدن آن اتفاق نظر نیست. واویلوف، هند را منشأ کنجد دانسته است. اما تنوع وسیع انواع وحشی آن در آفریقا نشان می‌دهد که احتمالاً کنجد زراعی از سزاموم

کاپنس<sup>۵</sup> در نواحی مرکزی قاره آفریقا و ظاهراً در اتیوپی منشاء یافته است (وحدتی و همکاران، ۱۳۷۸).

هند، سودان، میانمار و چین از مهم‌ترین مراکز تولید کننده کنجد به شمار می‌روند (رجسواری و همکاران، ۲۰۱۰). ایران از جمله کشورهایی است که کاشت برخی از دانه‌های روغنی همانند کنجد، کرچک، گلرنگ و آفتابگردان در آن قدمتی طولانی دارد (بهدانی و راشد محصل، ۱۳۷۷). در ایران کشت کنجد در مناطقی همچون خوزستان، سیستان و بلوچستان، یزد، اصفهان و حتی مناطق سردسیری همچون اراک، همدان، نهاوند و مراغه نیز صورت می‌گیرد. براساس آمار مندرج در مرکز<sup>۶</sup> PGRO (مرکز منابع حفاظت شده ژنتیکی گیاه کنجد جهت تحقیقات) ایران از نظر منابع مهم ژنتیکی گیاه کنجد، در رده هشتم قرار می‌گیرد (فائو، ۲۰۱۱).

## ۲-۱-۶- نیاز اکولوژیکی

### ۲-۱-۶-۱- حرارت

کنجد گیاهی یک‌ساله، گرمادوست و روز کوتاه است. از نظر رشدی به گرما و نور فراوان احتیاج دارد و به دمای پایین حساس است (خواجه پور، ۱۳۸۶). همچنین این گیاه سازگار با نواحی خشک و نیمه خشک دنیاست و ارقام مختلف آن در شرایط آب و هوایی مختلف قابل کشت هستند (برار، ۱۹۸۲)، به طوری که این گیاه سازگاری زیادی با نواحی خشک و نیمه خشک دنیا دارد و در طی دوره رشد نیاز به هوای آفتابی و صاف دارد (سادات لاجوردی، ۱۹۸۰). مطالعه ای که توسط کاسکولا (۱۹۹۲) انجام شد، نشان داد که طول دوره بحرانی رشد گیاه کنجد ۳-۴ ماهه می‌باشد و به ۲۷۰۰ واحد گرما نیاز دارد. دمایی معادل ۲۷-۲۵ درجه سانتی گراد، جوانه زدن سریع، رشد اولیه و تشکیل گل را تشدید می‌کند، اگر دما به هر مدت زمانی از ۲۰ درجه سانتی گراد کمتر شود، خروج و رشد گیاهچه به تعویق خواهد افتاد و در کمتر از ۱۰ درجه سانتی گراد متوقف خواهد شد.

<sup>۵</sup> *SesamumCapense*

<sup>۶</sup> Plant Genetic Resources Of protected

#### ۲-۱-۶-۲- خاک

کنجد در انواع مختلف خاک بخوبی رشد می‌کند اما در خاک‌های نسبتاً حاصلخیز که آب بسهولت گذر می‌کند بهتر از خاک‌های دیگر رشد می‌کند. خاک‌های دارای بافت متوسط شامل لوم، لوم شنی ریز و لوم سیلتی با ساختمان خوب و باروری متوسط برای کنجد ایده‌آل به شمار می‌روند (خواجه پور، ۱۳۷۰). این گیاه به خوبی در خاک‌های با pH برابر ۶ تا ۷ رشد می‌کند (ناصری و همکاران، ۱۳۷۰).

#### ۲-۱-۶-۳- اقلیم

کنجد گیاهی گرمادوست و سازگار با نواحی خشک و نیمه خشک دنیاست. تحقیقاتی که توسط همایی (۱۳۸۱) صورت گرفت، حاکی از آن است که کنجد گیاهی حساس به شوری می‌باشد. هرچند برخی منابع (ددلی و همکاران، ۲۰۰۰؛ ژوزه، ۲۰۰۲) هم از کنجد به عنوان گیاهی نسبتاً متحمل به شوری نام برده‌اند. تناسب بستر کشت و شرایط اقلیمی نقش بسیار مهمی در رشد مناسب این گیاه دارد. صفات مورفولوژیکی در این گیاه تابع شرایط محیطی، تغییرات اقلیمی و ژنوتیپ است. این گیاه در ۲۵ درجه جنوبی و ۲۵ درجه شمالی است. اما تا ۴۰ درجه شمالی در چین، روسیه و آمریکا و تا ۳۰ درجه جنوبی در استرالیا و ۳۵ درجه جنوبی در آمریکای جنوبی می‌تواند رشد کند. کنجد معمولاً در ارتفاع کمتر از ۱۲۵۰ متری می‌روید. هر چند برخی از ارقام آن ممکن است تا ارتفاع ۱۵۰۰ متری نیز سازگار باشند (خواجه پور، ۱۳۷۰). انتشار این گیاه در ایران در بخش‌های مرکزی، شمال غربی، شمال شرقی، غرب و شرق گزارش شده است (قهрман، ۱۹۹۳).

#### ۲-۱-۶-۴- طول فصل رشد

کنجد اساساً یک گیاه روز کوتاه و معمولاً در ۴۲-۴۵ روز گل خواهد داد، اما بسیاری از واریته‌ها از نظر محلی با فتوپریودهای مختلف سازگار شده‌اند. هنگامی که این واریته‌ها به مناطق دیگر برده می‌شوند که از نظر طول روز مشابه وطن اصلی و از حیث بارندگی یا دما با آن متفاوتند، غالباً در

مقایسه با وقتی که در محل اصلی خود می رویند، در رشد و بازدهی آنها تفاوتی قابل ملاحظه به وجود می آید (شکوه فر، ۱۳۹۱).

#### ۲-۱-۷- ارقام گیاه کنجد

هزاران توده و نژاد کنجد در کشاورزی سنتی جهان وجود دارند. با این حال باید توجه داشت که توده محلی مورد کاشت در هر منطقه ضرورتاً بهترین و پرتولیدترین توده و یا ژنوتیپ برای آن منطقه نیست. ژنوتیپ‌های کنجد از لحاظ میزان بریدگی پهنک و آرایش برگ‌ها روی ساقه، ارتفاع بوته، ارتفاع اولین گل از سطح زمین، میزان و فرم شاخه دهی، تعداد برچه در کپسول، میزان شکوفای کپسول، یکنواختی رسیدگی و طول دوره رشد متفاوت می باشند (اسکندری، ۱۳۸۹).

ژنوتیپ‌ها را ممکن است براساس وجود یا عدم شکوفایی کپسول نیز گروه بندی نمود. تقریباً تمام توده‌های محلی در گروه شکوفا قرار دارند. در ایران معمولاً از توده‌های محلی کنجد برای کاشت استفاده می‌شود در این میان می‌توان به توده‌های جیرفت، ایرانشهر، خوزستان، داراب، اردستان (استان اصفهان) اشاره نمود، کپسول در این توده‌ها شکوفا بوده و خطر ریزش در آنها زیاد است (خواجه پور، ۱۳۷۰).

#### ۲-۱-۸- ارزش غذایی

روغن کنجد از روغن‌های نیمه خشک و با مرغوبیت زیاد است و به موجب کیفیت عالی روغن که دارای بوی مطبوع و مزه خوبی است این دانه را ملکه دانه‌های روغنی می‌نامند (برار، ۱۹۸۲). در ایران نیز برای آن ارزش غذایی زیادی قائل بوده و از قدیم آن را روغن پهلوانی نام گذاری کرده‌اند. افزون بر این روغن کنجد مایع و همچنین هیدروژنه شده در مقابل اکسیداسیون بسیار مقاوم می‌باشد. این ویژگی مربوط به فنلی است به نام سسامول که از هیدرولیز ماده دیگری به نام سسامولین که در خود روغن وجود دارد به دست می‌آید (هلوس و ولفار، ۱۹۹۸). دانه‌های سفید تا زرد کنجد بصورت کامل در تهیه نان، کیک و شیرینی مورد استفاده قرار می‌گیرند. دانه کنجد از لحاظ پروتئین، چربی، کلسیم و

فسفر غنی بوده و منبع خوبی از ویتامین‌های آ و ب (شامل تیامین، ریبوفلاوین و نیاسین) محسوب می‌شود. مقدار کمی نیز مولیبدن، روی، کبالت و ید در دانه کنگد یافت می‌گردد. پروتئین کنگد دارای مقدار زیادی اسیدهای آمینه گوگرددار می‌باشد و از این لحاظ مطلوب بشمار می‌رود، اما از لحاظ لیسین فقیر است.

دانه‌های کنگد برای روغن گیری نیز مورد استفاده قرار می‌گیرند. میزان روغن دانه کنگد از ۴۵ تا بیش از ۶۰ درصد متغیر است. وجود بیش از ۵۰ درصد روغن در دانه مطلوب بشمار می‌رود. رنگ روغن خام کنگد زرد تیره تا زرد کمرنگ می‌باشد ولی روغن تصفیه شده آن زرد کمرنگ و شفاف می‌باشد روغن کنگد که به اسامی Tell oil, Sesame oil, Bene oil, Gingli oil نامیده می‌شود جزء روغن‌های ثابت محسوب می‌شود (خواجه پور، ۱۳۷۰).

روغن کنگد از ۳۲ تا ۵۴ درصد اسیداولئیک<sup>۷</sup>، ۳۷ تا ۵۹ درصد اسیدلینولئیک<sup>۸</sup>، ۸ تا ۱۱ درصد اسید پالمیتیک<sup>۹</sup> و ۳ تا ۶ درصد اسید استئاریک<sup>۱۰</sup> تشکیل شده و فاقد اسید لینولنیک<sup>۱۱</sup> و کلسترول می‌باشد (نجفی و همکاران، ۱۳۹۰). متوسط میزان اسیدهای چرب روغن کنگد آمریکا از جمله: اسید پالمیتیک، اسیداستئاریک، اسید اولئیک، اسید لینولئیک و اسید لینولینک به ترتیب به میزان ۸/۱۰- ۸/۳، ۴-۶، ۳۲/۷-۵۳/۹، ۳۹/۳-۵۹ و کمتر از ۲ درصد می‌باشد (همسترد و همکاران، ۱۹۷۲).

## ۹-۱-۲- خواص دارویی

روغن گیاه کنگد احتمال بروز برخی از سرطان‌ها را کاهش می‌دهد (میاهارا و همکاران، ۲۰۰۱). دانه و برگ کنگد بعنوان داروی گیاهی در طب سنتی کاربرد دارند (خواجه پور، ۱۳۷۰). برگ‌های و

---

<sup>۷</sup> - Oleic acid

<sup>۸</sup> - Linoleic acid

<sup>۹</sup> - Palmitic acid

<sup>۱۰</sup> - Stearic acid

<sup>۱۱</sup> - Linolenic acid

دانه‌های آن بند آورنده خون هستند (بون، ۱۹۹۶؛ کاریون، ۲۰۰۱). پپتیدهای دانه‌های روغنی کنجد خواص ضد میکروبی (فابیو و همکاران، ۲۰۰۳) و هم چنین روغن آن خواص آنتی اکسیدانی دارد (یا و همکاران، ۲۰۰۷). از خصوصیات مهم گیاهان روغنی، نوع و میزان اسیدهای چرب موجود در آن است که در واقع نسبت این مواد در ترکیب روغن گیاه در ارزش تغذیه‌ای و اقتصادی روغن بسیار مهم می‌باشد (دوگان و همکاران، ۲۰۰۵). نسبت اسیدهای چرب غیر اشباع دارای پیوند مضاعف مانند اسید اولئیک سبب دوام و پایداری بیش‌تر روغن در مقابل اکسیداسیون و امکان نگهداری بیشتر آن می‌گردد، در حالیکه اسیدهای چرب غیر اشباع دارای چند پیوند مضاعف مانند اسید لینولئیک و اسید لینولینک اگرچه در مقابل اکسیداسیون حساسترند، ولی از نظر تغذیه‌ای و سلامت انسان اهمیت بیشتری دارند (ونکاتاچلام و همکاران، ۲۰۰۶). اسید چرب لینولینک در جلوگیری از برخی اختلالات مانند افسردگی، جنون و به ویژه آلزایمر دخالت دارد و همچنین از بروز بیماری‌های قلبی جلوگیری می‌کند (لورگریل و همکاران، ۲۰۰۴؛ بوئر و همکاران، ۲۰۰۵).

## ۲-۲- تنش‌های محیطی

تنش‌های محیطی به دو دسته عمده زیستی و فیزیکیوشیمیایی یا غیرزیستی تقسیم می‌شوند. از جنبه زیست شناختی به انحراف از حد مناسب عوامل محیطی موثر تنش گفته می‌شود. تنش‌های فیزیکیوشیمیایی خود نیز به پنج دسته تقسیم می‌شوند که از بین آن‌ها خشکی، شوری و دما به علت برخورداری از گستردگی بیش‌تر در جهان بیشتر مورد مطالعه قرار گرفته‌اند (سرمدنیا، ۱۳۷۲). اعمال این شرایط می‌توانند باعث فعال شدن پاسخ دفاعی گیاه شوند که توسط آن گیاهان عواقب مضر این شرایط را می‌توانند به حداقل برسانند که این برای بقا، رشد و تکثیر گیاهان از ضروریات است (گوتزات و اسشید، ۲۰۱۲). براساس برآورد محققان مختلف، فقط ۱۰ درصد از اراضی قابل کشت دنیا عاری از هرگونه تنش است. به طور کلی، تنش‌های محیطی عبارت هستند از عامل عمده در اختلاف موجود در بین عملکرد واقعی و عملکرد بالقوه



(دیونسو، ۱۹۹۸). در بیشتر موارد تنش به عنوان تغییر و دور شدن از شرایط مطلوب در نظر

گرفته می‌شود و شامل تغییر تمام اعمال حیاتی در سطوح مختلف موجودات است.

این اثر در ابتدا می‌تواند موقت باشد و ممکن است دائمی گردد (سرمدینا، ۱۳۷۲). یعنی گیاه از طریق فرآیند تکامل دارای مکانیسم‌هایی از جمله مقاومت، تحمل و اجتناب گردیده که سبب تغییرات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی و تغییرات ژنی شده که به آن‌ها در حفظ و پایداری خود کمک می‌کند و در نتیجه از میزان اثرات سوء تنش می‌کاهد (راکعی و معالی امیری، ۱۳۹۱).

## ۲-۲-۱- تعریف خشکی

خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که آثار مخرب و زیان‌آوری روی مراحل مختلف رشدی گیاه، ساختار اندام و فعالیت آن‌ها دارد (باجی و همکاران، ۲۰۰۱، اسلامی و همکاران، ۲۰۱۲). از کل اراضی قابل کشت دنیا حدود ۲۶ درصد با تنش خشکی مواجه هستند (باگاتا و همکاران، ۲۰۰۵). اثر زمان اعمال تنش خشکی بر عملکرد دانه ممکن است به اندازه شدت تنش آب اهمیت داشته باشد. تنش شدید و نسبتاً کوتاه در طول رویشی ممکن است روی عملکرد تأثیر نداشته باشد. در گونه‌های دارای رشد نامحدود به علت آنکه استعداد گلدهی برای مدت طولانی دارند به اندازه گیاهان رشد محدود نسبت به تنش آب حساس نیستند (گاردنر همکاران، ۱۹۸۵). تنش خشکی، اغلب ناشی از کاهش پتانسیل آب خاک است. در چنین شرایطی، فرایند تنظیم اسمزی به توسعه سلولی و رشد گیاه در شرایط تنش آبی کمک می‌کند (نیر و گوپتا، ۲۰۰۶). خشکی از جهتی نشان دهنده یک دوره طولانی کم آبی است که موجب تخلیه ذخایر آب در خاک شده و در نهایت کاهش تولید زراعی و باغی را به دنبال خواهد داشت. در اصطلاح کشاورزی می‌بایست بین دو عبارت Aridity و Drought تمایز قائل شد. Aridity در طی کاهش متوسط بارندگی در یک منطقه به وجود می‌آید و چهره عمومی یک اقلیم را بیان می‌کند. مثلاً بیابان‌هایی که دارای بارش کمتر از ۱۰۰ میلی‌متر در سال هستند را با این عبارت مشخص می‌کنند. اما Drought یک جنبه زودگذر است و زمانی اتفاق می‌افتد که بارش زیر حد طبیعی و معمول منطقه باشد (فریتز، ۱۹۹۷). از نظر کشاورزی، خشکی عبارت از

ناکافی بودن قابل دسترس شامل بارش نزولات و ذخیره آب زیرزمینی است که باعث محدود شدن پتانسیل ژنتیک و عملکرد گیاه زراعی می‌شود (وینوکور و آلتامان، ۲۰۰۵).

از میان تنش‌هایی که گیاهان با آن روبه‌رو می‌شوند، تنش خشکی در اکثر مناطق جهان از مهم‌ترین عوامل محدود کننده گسترش و زادآوری گیاهان در سیستم‌های طبیعی و کشاورزی به شمار می‌آید، به طوری که بر اساس مطالعات، از بین عوامل مختلف ایجاد کننده تنش‌های محیطی، تنش‌های زنده (بیماری‌ها، آفات و علف‌های هرز) و تنش‌های غیرزنده (خشکی، غرقابی، شوری، گرما و سرما)، تنش خشکی به کاهش ۴۵ درصدی عملکرد محصولات زراعی منجر شده است (امام و زواره، ۲۰۰۵). از لحاظ فیزیولوژی تنش آب یا کمبود آب به شرایطی اطلاق می‌شود که در آن سلول‌ها و بافت‌های گیاه در وضعیتی قرار گرفته‌اند که آماس آنها کامل نیست (دانشمندی و عزیزی، ۱۳۸۸). همچنین خشکی را می‌توان این‌گونه تعریف کرد که کمبود نسبتاً شدید آب موجب جلوگیری از رشد گیاهان و برقرار شدن فشار تورگر کمتر از حداکثر فشار پتانسیل می‌شود (بی بی وهمکاران، ۲۰۱۰).

#### ۲-۲-۳- اثرات تنش خشکی

کمبود آب به طرق مختلف روی رشد اندام‌های مختلف گیاهان اثر می‌گذارد که بعضی از آنها عبارتند از: کاهش نسبت رشد ساقه به ریشه، کاهش نسبت برگ به ساقه، کاهش نسبت ریشه‌های جانبی به ریشه اصلی. تنش آب به مدت طولانی موجب کاهش اندازه گیاه، سطح برگ، اندازه سلول‌ها و حجم منافذ بین سلولی می‌شود. با بسته شدن روزنه‌ها، تأمین دی اکسید کربن کم شده و میزان کلروفیل و فتوسنتز کم می‌شود. معمولاً در اثر تنش آبی میزان تعرق، اکسیداسیون نوری، مرگ برگ‌ها، تعداد کرک‌ها، تعداد برگ‌ها، تعداد روزنه‌ها، مقدار کوتین و ضخامت لایه پارانشیمی برگ‌ها افزایش می‌یابد (مونتنس، ۱۹۸۶). در مطالعه‌ای که توسط سی و سه مرده و همکاران، (۲۰۱۱) انجام شد، مشخص گردید تنش خشکی موجب کاهش فتوسنتز و همچنین هدایت روزنه‌ای در آفتابگردان شد. محتوای کلروفیل برگ‌ها، از عوامل مهم در تعیین سرعت فتوسنتز و تولید ماده خشک است. در برخی

گونه‌ها، تنش آب سبب کاهش و در برخی، سبب افزایش محتوای کلروفیل می‌شود (دلخوش و همکاران، ۲۰۰۵). میلاد لاری و احسان زاده (۲۰۱۰) در بررسی اثر تنش آبی بر ژنوتیپ‌های گلرنگ، کاهش بیشینه کارایی کوانتومی فتوسیستم II در اثر تنش شدید آبی گزارش شد. با افزایش تنش آب و کاهش فشار آماس سلول‌های محافظ روزنه‌ها و نیز سرعت رشد، فتوسنتز و خصوصیات مورفولوژیکی کاهش یافت. از طرفی در شرایط تنش خشکی، محدودیت‌های تغذیه‌ای از طریق کاهش جذب فسفر، پتاسیم، نیترات و کلسیم ایجاد می‌شود و در نتیجه، رشد و سرعت توسعه ریشه، و تبع آن تولید اندام هوایی کاهش می‌یابد (کافی و دامغانی، ۲۰۰۰).

#### ۲-۲-۴- تاثیر خشکی بر ابعاد گوناگون رشد، جذب و عملکرد گیاهان زراعی

تنش خشکی مهم‌ترین تنش غیر زیستی است که نقش مهمی در کاهش تولید گیاهان زراعی در جهان دارد. لئو و همکاران (۲۰۰۳) اثر تنش خشکی را بر سویا بررسی کردند، نتایج نشان داد که تنش در مرحله غلاف دهی سبب افزایش عقیمی غلاف‌ها و کاهش معنی‌دار عملکرد در سویا گردید. مهربابی و همکاران (۱۳۹۰) در بررسی خصوصیات فیزیولوژیک و عملکرد، ۴ رقم کنگد تحت تنش کم آبی به این نتیجه رسیدند که تأثیر رژیم آبیاری بر ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، وزن هزار دانه، تعداد دانه در کپسول معنی‌دار بود. تنش کم آبی باعث کاهش ۵۵، ۴۲، ۳۷، ۴۸ و ۴۹ درصد به ترتیب در شاخص سطح برگ، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، عملکرد دانه و عملکرد ماده خشک شد.

#### ۲-۳- مکانیسم‌های فیزیولوژیکی

یکی از سریع‌ترین پاسخ‌های گیاه به وقوع تنش خشکی، بسته شدن روزنه‌ها است (نیرو گوپتا، ۲۰۰۶). این شرایط می‌تواند جذب دی‌اکسید کربن را کاهش دهد که پیامد آن، کاهش فتوسنتز گیاه است (استپین و کلوپس، ۲۰۰۶). یکی از سازوکارهای کارآمدی که گیاه به هنگام مواجهه با خشکی، برای حفظ آماس سلولی به کار می‌گیرد، تنظیم اسمزی است (واجراپایا و همکاران، ۲۰۰۱). در طی

این پدیده فیزیولوژیکی، پتانسیل اسمزی بافت‌های تحت تنش، در اثر انباشت برخی مواد اسمزی در سلول‌ها کاهش می‌یابد بنابراین فشار آماس سلول‌ها در حد مطلوب نگهداری می‌شود (تئولات و همکاران، ۱۹۹۷). مواد تنظیم کننده فشار اسمزی شامل اسیدهای آمینه، قندها و برخی از یون‌های معدنی، هورمون‌ها و پروتئین‌ها هستند. پرولین یکی از اسیدآمینه‌های فعال در پدیده تنظیم اسمزی می‌باشد که در ایجاد و حفظ فشار اسمزی درون گیاه نقش بسزایی دارد (عباس زاده و همکاران، ۲۰۰۸). میزان پرولین با میزان تحمل به خشکی گیاه ارتباط مستقیم دارد (وان رنسبارگ و همکاران، ۱۹۹۳). جیروسی و همکاران (۱۹۹۶) گزارش کردند که در هنگام کاهش پتانسیل آب از ۱- به ۲- مگاپاسکال، افزایش ناگهانی و شدیدی در غلظت پرولین شیره آبکش مشاهده شد. آن‌ها نتیجه گرفتند که پرولین می‌تواند در برگ‌ها افزایش یافته و از آن جا به بافت‌های مرستمی برای حفظ و ایجاد تنظیم اسمزی در بافت‌های در حال رشد منتقل گردد. به طور کلی تنش خشکی از طریق افزایش بیان آنزیم‌های بیوسنتز کننده پرولین و کاهش فعالیت آنزیم‌های تخریب کننده پرولین سبب افزایش میزان پرولین در گیاه می‌شود (یاماگوچی و همکاران، ۲۰۰۲).

## ۲-۴- نقش عناصر غذایی در گیاهان

عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان به سه دسته تقسیم می‌شوند:

الف) عناصر مضر یا غیر ضروری برای گیاه<sup>۱۲</sup>

عناصر مضر، عناصری هستند که برای رشد و نمو گیاه زیان آورند و حتی در برخی موارد، غلظت‌های کم این عناصر می‌تواند موجب کاهش قابل توجهی در عملکرد و رشد گیاه گردد. از جمله این عناصر می‌توان سرب، کادمیم، جیوه، و نیکل را نام برد.

ب) عناصر مفید برای گیاه<sup>۱۳</sup>

---

<sup>۱۲</sup> Non-essential Elements

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

### ج) عناصر لازم یا ضروری برای گیاه<sup>۱۴</sup>

آرنون واسکات (۱۹۳۹) سه معیار را برای ضروری بودن یک عنصر عنوان نموده‌اند. این سه معیار

عبارت است از:

۱- گیاه بدون آن عنصر قادر به تکمیل چرخه حیاتی خود نباشد

۲- وظیفه آن عنصر توسط عنصر دیگری قابل انجام و جایگزینی نباشد

۳- عنصر مستقیماً در متابولیسم و تغذیه گیاه نقش داشته باشد.

براساس این معیارها تاکنون ۱۶ عنصر برای رشد و نمو گیاهان ضروری تشخیص داده شده است. کربن، اکسیژن، هیدروژن، نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، گوگرد، آهن، منگنز، روی، مس، بر، مولیبدن و کلر شانزده عنصر ضروری مورد نیاز گیاهان هستند. سه عنصر اول یعنی کربن، اکسیژن و هیدروژن قسمت اعظم ماده خشک گیاهی (۶۰ تا ۹۰ درصد) را تشکیل می‌دهند و کمبود آن‌ها به جز در موارد کمبود آب و تنش خشکی دیده نمی‌شود. سه عنصر فوق همراه با شش عنصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم (عناصر کودی)، کلسیم و منیزیم (عناصر آهکی) و گوگرد عناصر غذایی پر مصرف و یا پرنیاز برای گیاهان هستند. هفت عنصر دیگر یعنی آهن، منگنز، روی، مس، بر، مولیبدن و کلر عناصر غذایی کم مصرف و کم نیاز و یا ریز مغذی هستند. مصرف عناصر

---

<sup>۱۳</sup> ElementsBeneficial

<sup>۱۴</sup> Essential Elements

ریز مغذی علاوه بر نقشی که در افزایش عملکرد کیفی و کمی محصولات کشاورزی دارند، در سلامتی انسان و دام که از مواد اولیه گیاهی استفاده می‌کنند نیز تأثیر بسزایی دارند. در کشور-های اروپایی به رغم شرایط اقلیمی مرطوب و خاک‌های با pH اسیدی که در این شرایط حلالیت عناصر میکرو بسیار بیشتر است، کودهای دارای عناصر کم مصرف در حدود ۴٪ از کودهای مصرف شده در این مناطق را شامل می‌شود. این مقدار نه تنها برای تأمین نیاز غذایی گیاهان جهت افزایش تولید در واحد سطح می‌باشد، بلکه برای غنی سازی محصولات کشاورزی مصرف می‌شود. بدیهی است که در شرایط خشک و نیمه خشک ایران که بارندگی کم و اغلب خاک‌های زراعی آهکی هستند، ترکیبات محلول این عناصر در خاک به شدت کاهش می‌یابد و طبع آن غذای مصرفی جامعه نیز دچار مشکل می‌شود (ضیائی‌ان، ۱۳۸۲). با مصرف ریز مغذی‌ها در خاک‌های آهکی، افزایش عملکرد در دانه‌های روغنی مشاهده شده و واکنش نسبت به مصرف کودهای محتوی روی، آهن، منگنز و بُر بیشتر از بقیه است (مرشدی و همکاران، ۱۳۷۹). طی تحقیقی که توسط مرشدی (۱۳۷۹) گزارش شد، که محلول پاشی آهن و روی بر روی کلزا نشان داد که این عناصر، سبب افزایش تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در بوته و افزایش عملکرد دانه و روغن در گیاه گردید.

## ۲-۵- اثر تنش خشکی بر جذب عناصر غذایی

مصرف بهینه کود در گیاهان روغنی ضمن افزایش عملکرد دانه موجب افزایش درصد روغن دانه، افزایش مقاومت گیاه به تنش‌های محیطی از قبیل خشکی، شوری و سرمازدگی، بهبود فعالیت زیستی در خاک، زود رسی محصول، کاهش غلظت آلاینده‌ها و افزایش راندمان مصرف آب می‌گردد (ملکوتی و سپهر، ۲۰۰۴). همچنین تنش خشکی همیشه رشد را بسیار بیشتر از جذب عناصر محدود می‌کند، بنابراین در این حالت غلظت عناصر در این بافت‌ها بیشتر از حالتی است که تنش خشکی بتواند جذب عناصر را بیشتر از رشد محدود نماید. به طور طبیعی غلظت عناصر محدود کننده رشد در طی تنش خشکی کاهش می‌یابد که نشان می‌دهد اثر مستقیم محتوای

رطوبت خاک بر جذب عناصر ممکن است به اندازه اثر مستقیم تنش بر گیاه اهمیت داشته باشد (پوگنر و همکاران، ۱۹۹۹). خاک‌های زراعی کشور ایران به دلایلی از قبیل آهکی بودن خاک‌ها، بیکربناته بودن آب آبیاری، پایین بودن مواد آلی و مصرف بی‌رویه کودهای فسفاته دچار کمبود شدید ریزمغذی‌ها به ویژه روی و آهن می‌باشند. به گزارش گراهام و همکاران (۱۹۹۲) و چاکمک و همکاران (۱۹۹۹) کمبود عناصر ریزمغذی در خاک‌های آهکی مناطق خشک و نیمه خشک دنیا عامل محدودیت رشد بسیاری از گیاهان روغنی است. خاک‌های آهکی بیش از ۳۰٪ خاک‌های سطح زمین را می‌پوشانند و بیشتر در نواحی خشک و نیمه خشک قرار دارند. گیاهانی که در این خاک‌ها می‌رویند بدلیل pH بالا معمولاً با کمبود عناصر میکرو روبرو هستند (ین و همکاران، ۱۹۸۸). با کاهش میزان رطوبت خاک تحرک عناصر در محلول خاک کاهش یافته و با توجه به محدودیت رشد ریشه، گیاه به طور مضاعفی با کمبود این عناصر در گیاه مواجه خواهد شد. با انجام محلول پاشی کمبود این عناصر در گیاه جبران خواهد شد (بنک، ۲۰۰۴). به طور مشابه مصرف کودهای محتوی عناصر کم‌مصرف موجب افزایش عملکرد کمی و کیفی زراعت گندم، کنجد، گلرنگ، کلزا، سیب زمینی، ذرت و سایر محصولات زراعی نیز گردیده است (بای بوردی و همکاران، ۲۰۰۱؛ یاری و همکاران، ۲۰۰۵). علاوه بر این، نتایج مطالعات بسیاری حاکی از آن است که مصرف کودهای ریز مغذی می‌تواند مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی همچون خشکی و شوری را افزایش دهد (بای بوردی، ۲۰۰۴).

## ۲-۶- آهن

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

کمبود آهن یکی از مهم‌ترین و عمومی‌ترین کمبودهای تغذیه‌ای درجهان است که گستردگی وسیعی دارد. مهم‌ترین گروه‌های حساس به کمبود آهن کودکان، نوجوانان، زنان شیرده و حامله هستند. گزارش‌های غیر رسمی حاکی از این است که بیش از ۳۰ درصد جمعیت جهان با کمبود

آهن مواجه هستند. براساس یک آمار مستند از یک ایالت آمریکا ۲۰ درصد از زنان و ۳ درصد از مردان کم خون هستند. در کشورهای درحال توسعه کمبود آهن شیوع بیشتری دارد (مورتووت، ۱۹۹۱). تقریباً ۶۰ درصد از آهن بدن در هموگلوبین و ۸ تا ۹ درصد در میوگلوبین وجود دارد. آهن در انتقال اکسیژن یا  $CO_2$  یا انتقال الکترون موثر بوده و به عنوان یک کوفاکتور در تعدادی از آنزیم‌های متابولیکی نظیر سیتوکروم اکسیداز عمل می‌کند (مورتووت، ۱۹۹۱). وجود آهن برای ادامه حیات اساسی و ضروری است. این عنصر برای تولید هموگلوبین موجود در گلبول‌های قرمز خون، میوگلوبین (ماده رنگین عضلات) و بعضی آنزیم‌ها ضروری است. آهن برای سوخت و ساز صحیح ویتامین‌های B ضروری است، به رشد کمک کرده، مقاومت در برابر بیماری‌ها را زیاد می‌کند، از خستگی جلوگیری می‌کند (زهراپی، ۱۳۷۲). علائم کمبود آن شامل خستگی، احساس سرما و عدم تمرکز است. میزان نیاز به آهن براساس سن، جنس و وضعیت فیزیولوژیکی افراد متفاوت است (برسامین، ۲۰۰۴).

## ۲-۶-۲- نقش عنصر آهن در گیاهان

آهن در خاک از طریق انتشار و حرکت توده‌ای و عمدتاً به صورت آهن فریک ( $Fe^{3+}$ ) منتقل و زمانی که وارد گیاه می‌شود، به فرم آهن فرو ( $Fe^{2+}$ ) احیا و سپس توسط ریشه جذب می‌گردد (پیس و بنتون جونز، ۱۹۹۷). به طور کلی گیاهان از دو استراتژی مشخص در محلول نمودن و جذب آهن در خاک استفاده می‌کنند (مارشورن و همکاران، ۱۹۸۶): دسته‌ای از گیاهان شامل گیاهان دو لپه‌ای و تک لپه‌ای‌های غیر گرامینه‌ای می‌توانند کمپلکس‌های  $Fe^{3+}$  را در سطح ریشه احیا و  $Fe^{2+}$  حاصله را در نزدیک ریشه جذب نمایند. دسته دیگری از گیاهان که شامل گرامینه‌ها هستند، می‌توانند از طریق ترشح لیگاندهای آلی با وزن مولکولی کم، قابل ترکیب با آهن، به نام سیدروفور، یون‌های  $Fe^{3+}$  را حل نموده و آن‌ها را برای جذب آماده سازند (ضیائی‌ان، ۱۳۸۲). در گیاهان دو گروه مهم از پروتئین‌های حاوی آهن وجود دارد، پروتئین‌های هم و پروتئین‌های غیر هم (پروتئین‌های آهن-گوگردی). پروتئین‌هایی هم شامل سیتوکروم‌های مختلف هستند. معروفترین پروتئین آهن-گوگرد فرودکسین



است. پروتئین‌های آهن-گوگرد در فرآیندهای سوخت و ساز نظیر فتوسنتز، تنفس و تثبیت  $N_2$  دخالت دارند. آهن تعدادی از آنزیم‌ها را فعال ساخته و نقش مهمی در سنتز RNA دارد. در اثر کمبود آهن غلظت کلروفیل و دیگر رنگیزه‌های گیاهی نظیر کاروتن و گزانتوفیل کاهش می‌یابد. آهن در فعال ساختن حامل‌های الکترون هر دو فتوسیستم مؤثر است. در اثر کمبود آهن فتوسنتز شدیداً کاهش می‌یابد در حالی که کمبود آن بر تنفس اثری ندارد (مارش‌نر، ۱۹۹۵). علائم کمبود آهن ابتدا در جوان‌ترین برگ‌ها به صورت زردی بین رگبرگی بروز می‌کند سرانجام پهنک برگ به رنگ زرد و یا حتی سفید درمی‌آید (بنفیت، ۱۹۹۲؛ مارش‌نر، ۱۹۹۵). هرچند وجود برخی فلزات سنگین از جمله آهن در خاک برای رشد طبیعی گیاهان ضروری است اما غلظت‌های زیاد این عناصر از طریق افزایش رادیکال‌های آزاد سمی و القای تنش اکسیداتیو می‌تواند عاملی برای بازدارندگی رشد و ایجاد علائم سمیت گردد (آوارضا و همکاران، ۲۰۰۲؛ سوه و همکاران، ۲۰۰۲).

## ۲-۶-۳- علائم کمبود یا بیش بود آهن در گیاهان

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

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

## ۲-۷- محلول پاشی

علاوه بر افزودن کودها به خاک، عناصر غذایی معدنی به صورت محلول پاشی روی برگ‌ها نیز استفاده می‌شوند که به این روش، اصطلاحاً کود پاشی برگ<sup>۱۵</sup> می‌گویند. برگ‌ها نیز می‌توانند عناصر غذایی را جذب کنند. این روش اغلب نسبت به مصرف عناصر غذایی در خاک از مزایایی برخوردار است. تغذیه برگ، تأخیر زمانی بین مصرف و جذب عناصر غذایی بین مصرف و جذب عناصر غذایی به وسیله گیاه را کاهش می‌دهد و این مسئله در طی مرحله رشد سریع گیاه اهمیت دارد. همچنین در این روش مشکل جذب عناصر غذایی در خاک وجود ندارد (کافی و همکاران، ۱۳۸۳). در شرایط خاک‌های ایران محلول پاشی عناصر ریز مغذی از کاربرد آن‌ها در خاک به دلیل برطرف نمودن سریع کمبود، مصرف آسان‌تر، کاهش سمیت ناشی از تجمع و جلوگیری از تثبیت این عناصر در خاک، مناسب تر است (ملکوتی و همکاران، ۱۳۷۸).

از مزایای این نوع کوددهی، استفاده همزمان با حشره کش‌ها، قارچ کش‌ها و ... می‌باشد و هزینه کارگری و ماشین‌آلات و جذب سریع در گیاه، کاهش تثبیت و آبشویی از خاک و نیاز به مواد کمتری می‌باشد (عبد هادی، ۱۹۸۶). نتایج آزمایش‌های مختلف نشان داد، محلول پاشی عناصر ریز مغذی در زراعت آفتابگردان تأثیر قابل توجهی بر بهبود خصوصیات رویشی و همچنین عملکرد آفتابگردان دارد (رحیمی زاده و همکاران، ۲۰۱۰). در بسیاری از کشورها کشاورزان با مشکل کمبود عناصر غذایی و به ویژه کلروز آهن مواجه هستند. در خاک‌های آهکی که مشکل تثبیت و عدم جذب عناصر غذایی از جمله آهن وجود دارد. مناسب‌ترین روش تغذیه گیاهان به روش برگ است، با توجه به خصوصیات خاک‌های مناطق گرم کشور که دارای کربنات کلسیم زیاد می‌باشند، مصرف خاکی آهن منجر به

---

<sup>۱۵</sup>-Foliar application

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

## ۲-۷-۱- نقش محلول پاشی عنصر آهن و عناصر ریز مغذی بر عملکرد و اجزای عملکرد در گیاهان زراعی

یکی از مهم‌ترین نقش‌های ریزمغذی‌ها توازن فعالیت‌های فیزیولوژیکی است به علاوه سبب افزایش فعالیت‌های سیستم ایمنی می‌شوند (نریمانی و همکاران، ۲۰۱۰). آن‌ها همچنین نقش مهمی در تقسیم سلول و توسعه بافت‌های مریستمی، فتوسنتز، تنفس و افزایش سرعت رسیدن گیاه دارند (زیدان و همکاران، ۲۰۱۰). حقیقت نیا و رجایی (۱۳۸۲) در مطالعه سطوح و روش مصرف سولفات آهن در خاک‌های آهکی نشان دادند، مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سولفات آهن به صورت پخش سطحی همراه با محلول پاشی ۵۲٪ سبب افزایش عملکرد محصول نسبت به شاهد گردید. محلول-پاشی ۶ در هزار نتایج تحقیقی نشان داد، سولفات آهن منجر به حداکثر توأم وزن و عملکرد دانه می‌شود و در حقیقت همبستگی این دو صفت بسیار بالاست (گولن، ۱۹۹۵). در مطالعه‌ای دیگر حقیقت نیا و رجایی (۱۳۸۲) بیان نمودند تأثیر میزان و روش مصرف عناصر میکرو به‌ویژه آهن بیانگر نقش مثبت آن‌ها در افزایش میزان عملکرد دانه و میزان عملکرد اقتصادی بوده و نقش مصرف آهن به صورت محلول پاشی بیشتر است. کیخا و همکاران (۱۳۸۴) با مطالعه زمان‌های مختلف محلول پاشی آهن در ارقام کلزا بیان نمودند، محلول پاشی آهن در دو مرحله آغاز گلدهی و پس از گلدهی نسبت به تک مرحله گلدهی سبب افزایش عملکرد دانه می‌شود. با کاربرد ریزمغذی‌ها به روش محلول پاشی می‌توان وضعیت رشد گیاه را در شرایط تنش بهبود بخشید. تأثیر مثبت ریزمغذی‌ها بر عملکرد ماده خشک ممکن است به دلیل افزایش بیوسنتز اکسین در حضور عنصر روی، افزایش غلظت کلروفیل، افزایش فعالیت فسفوانیول پیرووات کربوکسیلاز و ریبولوزی فسفات کربوکسیلاز، کاهش تجمع سدیم

در بافت‌های گیاهی و افزایش کارایی جذب نیتروژن و فسفر در حضور عنصر روی باشد. و عنصر آهن در تشکیل کلروفیل نقش دارد (راوی و همکاران، ۲۰۰۸؛ شرفی و همکاران، ۲۰۰۲). تحقیقی که توسط سانگال و همکاران (۱۹۸۱) گزارش شد، نشان داد که عملکرد دانه گلرنگ تحت تأثیر محلول-پاشی بُر با غلظت ۰/۲ درصد، سولفات آهن با غلظت ۰/۴ درصد، سولفات روی با غلظت ۰/۵ درصد افزایش یافت.

## ۲-۸- نانو تکنولوژی

### ۲-۸-۱- کاربرد نانو در کشاورزی

از جمله فناوری‌های نوینی که در طول یک دهه‌ی اخیر دامنه و وسعت کاربرد آن رو به گسترش است، فناوری نانو می‌باشد. با توجه به عدم تناسب میان رشد جمعیت و نیاز غذایی، اهمیت نانو تکنولوژی به عنوان یک علم بین رشته‌ای و پیش‌تاز که می‌تواند باعث افزایش عملکرد محصولات کشاورزی در فرآیند کاشت، داشت و برداشت، بهینه سازی شرایط تولید و مدت نگهداری مواد غذایی و پروتئینی گردد، به خوبی آشکار می‌شود. در واقع علوم کشاورزی نزدیک به ۷۰ درصد از ۱۰ اولویت اول فناوری نانو در جهان را به طور مستقیم یا غیر مستقیم به خود اختصاص داده است (عطایی، ۱۳۹۰). یکی از راهکارهای جدید برای افزایش امنیت غذایی استفاده از فناوری نانو می‌باشد (موسوی و رضایی، ۲۰۱۱). فناوری نانو، کاربردهای بالقوه نو ظهور و تازه‌ای در زمینه علوم کشاورزی ایجاد کرده است. با استفاده از این دانش می‌توان شیوه‌های فعلی مدیریت محصول را بهبود بخشید. بنیاد نانو تکنولوژی در آمریکا، واژه نانو تکنولوژی را چنین توصیف می‌کند: تحقیق و توسعه هدفمند، برای درک و دستکاری و اندازه گیری‌های مورد نیاز در سطح مواد با ابعاد در حد اتم (رینولدز، ۲۰۰۲). نانو تکنولوژی به عنوان یک علم بین رشته‌ای می‌تواند کاربرد وسیعی در بخش کشاورزی داشته و در موارد مهمی از جمله افزایش تولیدات زراعی، کم کردن مصرف سموم و کودها، طولانی‌تر کردن مدت نگهداری محصول کشاورزی تولید شده و شاید بتوان گفت در تمامی مراحل و نهاده‌ها و ابزار کشاورزی انقلابی در جهت بهبود ایجاد نماید (خیام نکویی و همکاران، ۱۳۸۸). معاونی و خیری

(۲۰۱۱) نشان دادند تأثیر ذرات نانو دی اکسید تیتانیوم ( $TiO_2$ ) بر عملکرد ذرت قابل ملاحظه بود و سبب افزایش عملکرد گردید. در آزمایشی دیگر، ترکیبی از ذرات نانو  $TiO_2$  و  $SiO_2$  فعالیت نیترات ریدکتاز را در سویا افزایش داد و توانایی جذب و استفاده از آب و کود را تشدید نمود (لئو و همکاران، ۲۰۰۲). همچنین مظاهری نیا و همکاران (۲۰۱۰) در آزمایشی گلخانه‌ای دریافتند بر روی گندم گزارش کردند که کاربرد پودر اکسید آهن نانو نسبت به اکسید آهن معمولی افزایش معنی داری در غلظت آهن گیاه، طول سنبله، ارتفاع گیاه، وزن دانه در سنبله، کل وزن خشک کاه و کلش، وزن هزار دانه داشته است. ممکن است این افزایش به دلیل خاصیت نانو ذرات و حلالیت بیشتر آن‌ها و سبک و کوچک بودن آن‌ها و شانس برخورد بیش‌تر ریشه‌ها به ذرات نانو نسبت به ذرات اکسید آهن معمولی باشد. همچنین مشاهده شد که تیمار نانو نقره (۵۰ میلی گرم بر لیتر) باعث افزایش درصد جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه و ریشه‌چه و در نهایت بهبود استقرار گندم گردید (صالحی و تمسکنی، ۲۰۰۸).

## ۲-۸-۲- کاربرد نانو کودها

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

محصولات غذایی به واسطه کاهش آبشویی کودها، کاهش میزان فشردگی 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 به واسطه وضعیت تغذیه‌ای مطلوب گیاه، بهبود خواص انبار داری و سهولت جابجایی کود اشاره کرد (نادری و شهرکی، ۱۳۹۰). همچنین یکی از مهم‌ترین کاربردهای فناوری نانو، استفاده از نانو کودها (Nano-fertilizer) برای تغذیه گیاهان می‌باشد. با استفاده از نانو ذرات (nanoparticles)، ذراتی که در سه بعد در مقیاس نانو یعنی کوچکتر از ۱۰۰ nm باشند، می‌توان کودهای کنترل شده یا کودهایی با تأخیر در انتشار تولید کرد. نانو ذرات به علت سطوح ویژه و بیش-تر، چگالی بیشتر، نواحی واکنشی زیاد بر سطوح ذره از واکنش‌پذیری زیادی برخوردار هستند. این ویژگی‌ها، جذب کودها و آفت کش‌هایی که در مقیاس نانو تولید شده را آسان می‌سازد (ویس و اناسان، ۲۰۰۹).

عرضه کودهای شیمیایی به شکل نانو ذرات اخیراً مورد توجه قرار گرفته است. نتایج مطالعات صورت گرفته بیانگر واکنش متفاوت گونه‌های مختلف گیاهان به مواد غذایی تهیه شده به شکل نانو می‌باشد (زو و همکاران، ۲۰۰۸). برای مثال در مطالعه زو و همکاران (۲۰۰۸) در حالی که گیاه *Cucurbita maxiamia* قادر به جذب، انتقال و تجمع مواد نانو در بافت‌های خود بود، جذب و انتقال این مواد توسط گیاه *Phaseolus limensis* انجام نشد. تأثیر مواد مختلف نانو بر جوانه زنی برخی بذر-ها بررسی شده است. لو و همکاران (۲۰۰۲)، اثر مثبت نانو سیلیسیم را بر جوانه زنی و رشد گیاهچه سویا گزارش کردند. همچنین، نانو تیوب کربن به دلیل نفوذ بهتر به غشای بذر باعث افزایش جوانه زنی و رشد اولیه گوجه فرنگی شد (خوداکوسکایا و همکاران، ۲۰۰۹). نظران و همکاران (۱۳۸۸) در بررسی اثر زمان محلول پاشی نانو کود کلات آهن بر خصوصیات کمی و کیفی گندم دیم به این نتیجه رسیدند که محلول پاشی نانو کود کلات آهن در مرحله ساقه دهی بهترین نتیجه را با افزایش ۹۹٪ عملکرد و افزایش ۳۲/۴٪ مقدار آهن دانه داشته است و افزایش صفات کمی و کیفی نسبت به شاهد گزارش گردید.

## ۹-۹- اثر متقابل تنش خشکی و آهن بر گیاهان زراعی

یکی از اثرات تنش آب، تغییر در میزان در دسترس بودن عناصر غذایی و جذب و انتقال آن‌ها در گیاه است (اسشولز، ۱۹۹۱). رحیمی زاده و همکاران (۱۳۸۹) بیان کردند که نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در شرایط بدون تنش، مصرف ریز مغذی‌ها تأثیر بیش‌تری بر عملکرد دانه داشت. تحت تنش خشکی جذب مواد غذایی از طریق ریشه، به دلیل کاهش حجم آب خاک و همچنین کاهش توزیع مواد غذایی در بافت خاک کاهش می‌یابد. علاوه بر این انتقال مواد غذایی از ریشه‌ها به بخش‌هایی نیز کاهش می‌یابد؛ بنابراین کمبود مواد غذایی یکی از مهمترین عوامل محدود کننده رشد تحت تنش خشکی است (حاجی بلند و امیرزاد، ۲۰۱۰؛ خان و همکاران، ۲۰۰۳). نتایج تحقیقات محققان بیانگر آن است که مصرف کودهای ریز مغذی می‌تواند مقاومت گیاهان به تنش‌های محیطی نظیر خشکی و شوری را افزایش دهد (بایبوردی، ۲۰۰۵). عملکرد و کیفیت گیاهانی که تحت تنش-های محیطی قرار گرفته‌اند، با تغذیه عناصر معدنی و تنظیم‌کننده‌های رشد بهبود خواهد یافت (نباتی و همکاران، ۲۰۰۸). پس به طور کلی گزارش‌های متعددی مبنی بر اثر مثبت عناصر کم مصرف در تعدیل اثرات تنش وجود دارد. مصرف برگی عناصر کم مصرف در شرایط تنش خشکی عملکرد ذرت را از طریق بهبود راندمان فتوشیمیایی، غلظت کلروفیل و کاروتن افزایش می‌دهد (فیضی، ۱۳۸۳). هیو و اشمیدهالتر (۲۰۰۱) بیان کردند، با مصرف عناصر کم مصرف، قدرت تحمل گندم به شرایط تنش افزایش می‌یابد.





فصل سوم:

مواد و روش ها

### ۳-۱- زمان و مشخصات محل اجرا آزمایش

این مطالعه در سال ۱۳۹۳ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود، واقع در منطقه بسطام اجرا شد. این شهر با طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۵۷ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۹ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۶۶ متر از سطح دریا واقع شده است. متوسط بارندگی سالیانه منطقه ۱۵۵ میلی‌متر، متوسط حداقل و حداکثر دمای سالیانه آن به ترتیب ۹/۶- و ۳۹ درجه سانتی‌گراد و از لحاظ اقلیمی جزء مناطق سرد و خشک به شمار می‌رود.

### ۳-۲- خصوصیات خاک محل آزمایش

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

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

بافت خاک	هدایت الکتریکی EC (ds.m <sup>-1</sup> )	اسیدته (pH)	شن Sand (%)	رس Clay (%)	لای Silt (%)	مواد آلی OM (%)	پتاسیم K (ppm)	فسفر P (ppm)	نیتروژن N
لومی رسی	۱/۸۱	۷/۶۷	۳۲	۲۴	۴۴	۰/۳۱	۲۰۵	۱۹	۰/۱

### ۳-۳- مشخصات طرح آزمایشی

آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. تیمارهای خشکی که با استفاده از دور آبیاری اعمال گردید شامل  $a_1$  = شاهد (دور آبیاری ۸ روز)،  $a_2$  = دور آبیاری ۱۲ روز و  $a_3$  = دور آبیاری ۱۶ روز به عنوان عامل اصلی و چهار سطح محلول پاشی نانواکسید آهن شامل:  $b_1$  = شاهد (بدون مصرف هیچ نوع کود)،  $b_2$  = ۰/۵ کیلوگرم در هزار لیتر آب،  $b_3$  = ۱ کیلوگرم در هزار لیتر آب و  $b_4$  = ۱/۵ کیلوگرم در هزار لیتر آب به عنوان عامل فرعی

لحاظ شدند. اندازه ذرات نانو ۲۰ نانومتر تهیه شد. در مجموع در هر تکرار ۱۲ ترکیب تیماری وجود داشت و تعداد کل کرت‌های آزمایشی ۳۶ کرت بود (جدول ۳-۲).

جدول ۳-۲ مشخصات نانو ذره آهن

شرح	اندازه ذرات (نانو متر)	درصد خلوص	محصول
NANO-Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	۱۵-۲۰ نانو متر	٪۹۹/۵	آمریکا ( US ) NANO <sup>۱۶</sup>

#### ۳-۴- مشخصات کرت‌ها

طول هر کرت ۴ متر و عرض ۳ متر، شامل ۴ خط کشت با فواصل ۵۰ سانتی متر بین ردیف‌ها و فاصله ۱۵ سانتی‌متر روی ردیف کاشت بودند. همچنین در یک بلوک فاصله بین کرت‌های اصلی ۱/۵ متر و فاصله بین دو بلوک اصلی ۳ متر در نظر گرفته شد تا رطوبت کرت‌های مجاور اثری روی هم نداشته باشند.

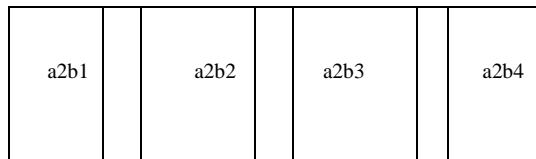


شکل ۳-۱-۳ نمایی از زمین مزرعه

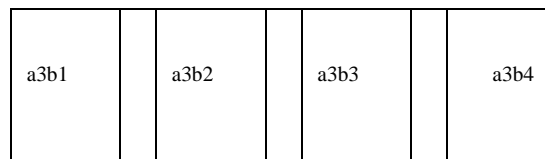
<sup>۱۶</sup> از جمله تامین کنندگان اصلی نانومواد دانشگاه ها و صنایع در امریکا می باشد US Research Nanomaterials شرکت امریکایی \* US NANO می باشد

حاشیه هر کدام ۰,۵ متر

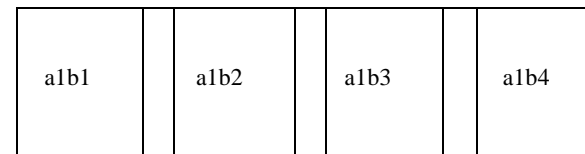
حاشیه هر کدام ۰,۵ متر



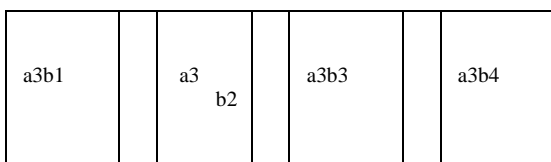
1M



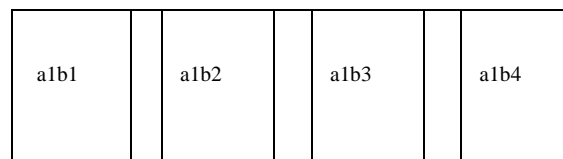
1M



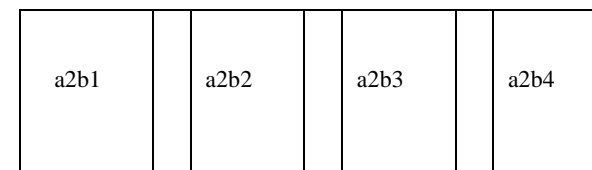
1.5M



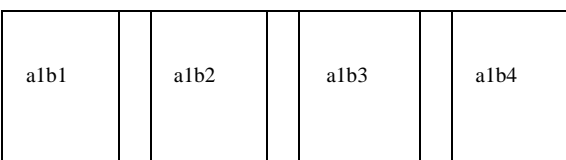
1M



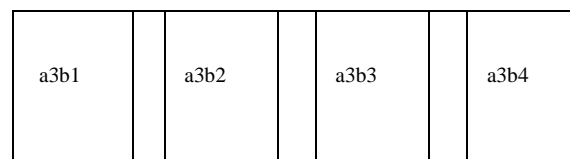
1M



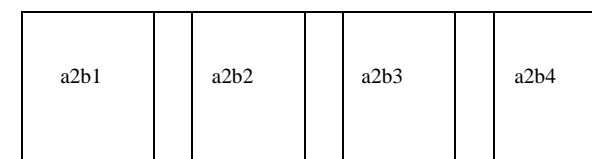
1.5M



1M



1M



شکل ۲-۳ نقشه اجرایی طرح آزمایش

### ۳-۵- عملیات اجرایی

#### ۳-۵-۱- عملیات آماده سازی زمین جهت کاشت

قطعه زمین مورد نظر در اول اردیبهشت ۱۳۹۳ توسط گاوآهن برگرداندار شخم و سپس برای نرم کردن خاک و کلوخه‌ها دیسک زده و به وسیله فاروئر، پشته‌هایی به اندازه ۵۰ سانتی متری ایجاد شد. در زمان عملیات دیسک و قبل از اجرای طرح و براساس نتایج تجزیه شیمیایی خاک، مقدار ۶۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن از منبع اوره ، ۴۵ کیلوگرم در هکتار کود فسفره از منبع سوپر فسفات استفاده گردید.

#### ۳-۵-۲- کاشت

زمین در سال قبل به صورت آیش بود. عملیات کاشت براساس مقدار بذر مصرفی ۶-۷ کیلوگرم در هکتار، با فواصل بین خطوط ۶۰ سانتی متر و روی ردیف ۱۵ سانتی متر به صورت دستی و به روش هیرم کاری در تاریخ ۱۳۹۳/۳/۳ در محل داغ آب صورت گرفت. رقم بذر اولتان در این آزمایش مورد بررسی قرار گرفت. این رقم کم برگ، کم کپسول، متوسط رس و مناسب برای مناطق خشک است. برای جوانه زنی بهتر بذور عملیات کاشت به همراه ماسه بادی به نسبت ۱ به ۳ با خاک مخلوط شد.

#### ۳-۵-۳- داشت

آبیاری به صورت جوی و پشته‌ای انجام شد و کرت‌های شاهد هر ۸ روز یکبار آبیاری انجام گرفت. عملیات تنک و وجین علف‌های هرز ۲ هفته بعد از کاشت انجام شد. همچنین کودهای فسفر و پتاس قبل از کاشت با خاک مخلوط و یک سوم کود نیتروژنه قبل از کاشت و باقیمانده آن بصورت سرک و بعد از تنک کردن در اختیار گیاهان قرار داده شدند.

### ۳-۵-۴- اعمال تیمارها

#### ۳-۵-۴-۱- سطوح مختلف تنش خشکی

در این آزمایش سه سطح تیمارهای خشکی که با استفاده از دور آبیاری اعمال گردید شامل  $a_1$  = شاهد (دور آبیاری ۸ روز)،  $a_2$  = دور آبیاری ۱۲ روز و  $a_3$  = دور آبیاری ۱۶ روز به عنوان عامل اصلی، اعمال تنش خشکی از مرحله ۶ برگی بر گیاهان اعمال و تا انتهای دوره رشد ادامه یافت.

#### ۳-۵-۴-۲- سطوح مختلف محلول پاشی نانو اکسید آهن

چهار سطح محلول پاشی نانو اکسید آهن شامل:  $b_1$  = شاهد (بدون مصرف هیچ نوع کود)،  $b_2$  = ۰/۵ کیلوگرم در هزار لیتر آب،  $b_3$  = ۱ کیلوگرم در هزار لیتر آب و  $b_4$  = ۱/۵ کیلوگرم در هزار لیتر آب به عنوان عامل فرعی در لحاظ شدند. اندازه ذرات نانو ۲۰ نانومتر و از شرکت نانو پیشگامان ایرانیان تهیه شد. در این بین محلول پاشی نانو اکسید آهن در دو مرحله ۸ برگی (مرحله رویشی) و ۱۵ برگی (مرحله گلدهی) صورت گرفت. همچنین محلول پاشی در هنگام بعدظهر و غروب آفتاب برای جلوگیری از تبخیر و به دور از وزش باد صورت گرفت.

#### ۳-۵-۵- برداشت

گیاه کنجد به دلیل اینکه گیاهی شکوفا بوده و احتمال ریزش در آن زیاد بوده و رسیدگی در این گیاه یکنواخت نیست، برداشت محصول تقریباً در مرحله شروع رسیدگی و قبل از شکوفایی کپسولها به صورت چند مرحله از اواسط شهریور شروع تا اواسط مهر ادامه داشت. برداشت گیاه به دلیل ریزش دانه‌ها، به صورت دستی و قبل از رسیدگی کامل انجام شد (شکل ۳-۳).



شکل ۳-۳ نمایی از برداشت گیاه کنجد

### ۳-۶- نمونه برداری

حدود ۱۲ هفته بعد از کاشت و ۱۰ روز پس از دومین محلول پاشی اولین نمونه برداری بدین صورت که از برگ‌های کامل و بالایی برداشت و داخل نایلون شماره دار قرار داده و به وسیله کلمن حاوی یخ، به آزمایشگاه منتقل و جهت انجام آزمایش‌های مربوطه در فریزر نگهداری شدند. و یکسری نمونه‌های در داخل پاکت‌های کاغذی شماره دار قرار گرفتند و سپس به آزمایشگاه منتقل شده و پس از اندازه-گیری وزن تر آن‌ها بوسیله ترازو، در داخل دستگاه آون، در حرارت ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت نگهداری شده تا کاملاً خشک شوند. پس از خروج از آون، جهت به دست آوردن وزن خشک و پس از گذشت مدت زمان ۲۰ دقیقه‌ای جهت رسیدن به تعادل دمایی با محیط، با ترازوی حساس با دقت ۰/۰۱ گرم توزین شدند. دومین نمونه برداری ۲ هفته بعد از اولین نمونه برداری به همین ترتیب صورت گرفت. 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. و سپس برای اندازه‌گیری خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی به آزمایشگاه منتقل شدند.

### ۳-۷- عملکرد و اجزای عملکرد

از هر کرت آزمایشی تعداد ۱۰ بوته با در نظر گرفتن حاشیه و به منظور تعیین عملکرد نهایی به نحوی انتخاب شدند که درگیر در رقابت بودند تا بتوانند تا حد زیادی خصوصیات کرت مربوط را نشان

دهند، برداشت گردید. مساحت ۱۰ بوته موجود محاسبه و عملکرد نهایی بر حسب متر مربع برآورد گردید

### ۳-۷-۱- اجزای عملکرد دانه

در انتهای دوره رشد به منظور اندازه گیری اجزای عملکرد در هر کرت، دو ردیف کناری به عنوان حاشیه در نظر گرفته شدند و از هر واحد آزمایشی ۵ بوته به طور تصادفی انتخاب گردید و به آزمایشگاه انتقال داده شد.

### ۳-۷-۲- تعداد دانه در کپسول، تعداد کپسول در بوته

در هر کرت به طور تصادفی ۵ بوته انتخاب شد و به صورت انتخابی مورد شمارش قرار گرفت و میانگین گیری شدند.

### ۳-۷-۳- تعداد شاخه جانبی

تعداد شاخه جانبی (ساقه‌های فرعی) نیز در ۵ بوته انتخابی از هر کرت مورد شمارش قرار گرفته و میانگین گیری شدند. برای تشخیص شاخه‌های جانبی هر انشعابی که دارای برگ، گل و کپسول بود، در نظر گرفته شد.

### ۳-۷-۴- ارتفاع گیاه

میانگین ارتفاع ۵ بوته نمونه گیری شده از هر کرت به عنوان ارتفاع بوته‌های آن ترکیب تیماری در نظر گرفته شد.

## ۳-۸- صفات فیزیولوژیک

### ۳-۸-۱- اندازه‌گیری میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کارتنوئید

محاسبه غلظت کلروفیل و کارتنوئید برگ با استفاده از روش آرنون (۱۹۶۷) انجام شد. در این روش ۰/۱ گرم از بافت تر برگ که در مرحله ۱۶ برگی (۱۰ روز پس از دومین محلول‌پاشی) نمونه برداری شده بود، توزین و همراه با استون ۸۰٪ در هاون ساییده شد. محتوای هاون در لوله فالكون تخلیه



و به مدت ۱۰ دقیقه در دستگاه سانتریفیوژ با تنظیم سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه قرار داده شد. جذب محلول بالای فالكون، در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۷ و ۴۷۰ نانومتر، به ترتیب برای اندازه‌گیری میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کارتنوئید بوسیله دستگاه اسپکتروفوتومتر قرائت شد. در نهایت مقدار آن‌ها، با استفاده از فرمول زیر بر حسب میکروگرم بر گرم وزن تر، محاسبه شد.

$$C_a = (19.3 \times A_{663} - 0.86 \times A_{647}) V / 100W$$

$$C_b = (19.3 \times A_{647} - 3.6 \times A_{663}) V / 100W$$

$$C_{x+c} = 100(A_{470}) - 3.27(C_a) - 104(\text{mg } C_b) / 227$$

$C_a$  مقدار کلروفیل a،  $C_b$  مقدار کلروفیل b،  $C_{x+c}$  مقدار کل کارتنوئید،  $V$  حجم محلول فوقانی حاصل از سانتریفیوژ،  $W$  وزن تر نمونه بر حسب گرم در تک بوته و  $A$  جذب نور در طول موج‌های مربوطه می‌باشند.

### ۳-۸-۲- اندازه‌گیری میزان کربوهیدرات محلول در اندام هوایی

جهت اندازه‌گیری کربوهیدرات، با استفاده از اتانول ۹۵٪ و بر اساس روش اسیدسولفوریک میزان کربوهیدرات برگ استخراج شد (ایریگوئن و همکاران، ۱۹۹۲). در این روش ۰/۱ گرم از بافت تازه برگ که در مرحله ۱۶ برگی (۱۰ روز پس از دومین محلول‌پاشی) نمونه‌برداری شده بود، داخل لوله‌های آزمایش استریل شده، قرار گرفت. سپس به هر کدام ۱۰ میلی لیتر الکل اتانول ۹۵٪ اضافه گردید و سپس به مدت یک ساعت در حمام بن‌ماری در دمای ۶۰-۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. سپس ۱ میلی لیتر از محلول سبز رنگ به دست آمده با ۱ میلی لیتر فنل (۱ گرم فنل جامد که در ۲۰۰ سی سی آب به حجم رسانده شد) و ۵ میلی لیتر اسید سولفوریک (۹۸-۹۵٪) مخلوط و پس از سرد شدن محلول، جذب در طول موج ۴۸۳ نانومتر با دستگاه اسپکتوفوتومتر Jenway 6305 قرائت شد. در انتها میزان کربوهیدرات نمونه‌ها با استفاده از منحنی استاندارد گلوکز محاسبه گردید.

### ۳-۸-۳- اندازه گیری پروتئین دانه

برای اندازه گیری میزان پروتئین دانه ابتدا میزان نیتروژن موجود در دانه اندازه گیری شد و با استفاده از فرمول زیر پروتئین دانه اندازه گیری شد. مقدار نیتروژن موجود در نمونه‌های مورد آزمایش با استفاده از دستگاه کج‌دال<sup>۱۲</sup> نیمه اتوماتیک مدل Vapodest 45S ساخت شرکت Gerhand کشور آلمان انجام شد. این دستگاه از دو بخش هضم و تقطیر تشکیل شده است. بخش هضم در این مدل شامل ۱۲ لوله است که آنالیز همزمان ۱۲ نمونه را ممکن می‌سازد. برای انجام هضم نمونه‌ها، ۰/۵ گرم از نمونه خشک و پودر شده را با ۷ میلی لیتر اسید سولفوریک غلیظ (۹۶ درصد) و ۱/۱ گرم قرص کاتالیزور یا (مخلوطی از ۱۰ گرم سولفات پتاسیم و ۱۰ گرم سولفات مس ۵ آب و ۲ گرم سلنیم) مخلوط و در لوله‌ها ریخته و آنها را در جایگاهشان در دستگاه هضم قرار می‌دهیم. درجه دستگاه را ابتدا روی ۱۷۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم سپس دما را به ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد در نهایت دما را به ۴۰۰ درجه سانتی‌گراد رساند آنقدر حرارت را ادامه تا نمونه‌ها به رنگ سبز شفاف در عمل هضم نمونه‌ها کامل شد.

در مرحله تقطیر محلول‌های زیر مورد نیاز می‌باشد:

(۱) محلول اسید بوریک دو درصد ( ۱۶ گرم اسید بوریک در یک لیتر آب مقطر)

(۲) محلول هیدروکسید سدیم ۱۲/۵ مولار (۲۵۰ گرم NaOH در ۵۰۰ میلی لیتر آب مقطر)

(۳) معرف رنگی که از ترکیب ۶۶ میلی گرم متیل قرمز و ۹۹ میلی گرم بروموکروزول سبز در ۱۰۰ میلی لیتر اتانول ۹۶٪ به دست می‌آید. اسید سولفوریک ۰/۱ نرمال به صورت دستی انجام گرفت که با اضافه کردن اسید سولفوریک تغییر رنگ ظاهر شده و حجم مورد نظر یادداشت، سپس از طریق ضریب تبدیل پروتئینی در گیاه کنجد که ۵/۶ می‌باشد، درصد پروتئین به دست آمد.

---

<sup>۱۲</sup>Kejeldahl

رابطه (۱-۳)

$$\%N = \frac{1.4008 * 0.1 * (V_S - V_B)}{M} \times 100$$

در رابطه فوق :

$N$  = غلظت نیتروژن بر حسب درصد

$0/1$  = نرمالیت ه اسید کلریدریک تیترا کننده

$V_S$  = مقدار اسید مصرفی برای تیتراسیون نمونه بر حسب میلی لیتر

$V_B$  = مقدار اسید مصرفی برای تیتراسیون شاهد بر حسب میلی لیتر

$M$  = وزن نمونه بر حسب گرم می باشد.

فاکتور پروتئینی  $\times \%N =$  میزان پروتئین

رابطه (۲-۳)

دانه

### ۳-۸-۴- اندازه گیری روغن دانه

روغن موجود در بذر کنجد با استفاده از دستگاه سوکسله تعیین گردید. برای این منظور نمونه‌ها از قبل به مدت ۷۲ ساعت در آون در دمای ۷۸ درجه سانتی گراد قرار گرفتند و سپس پودر شدند. مقدار ۳ گرم از هر نمونه در کاغذ صافی پیچیده و داخل اکسترکتور دستگاه قرار داده شد. بالونها به مدت ۲ تا ۳ ساعت در دمای ۱۱۰ درجه سانتی گراد داخل آون خشک شدند، سپس به دسیکاتور منتقل و پس از هم دما شدن با محیط توزین شدند و روی صفحه گرم کننده دستگاه قرار گرفتند، داخل بالونها با مقدار مشخص پترولیوم اتر به عنوان حلال آلی پر شد. اکسترکتور روی دهانه بالون قرار

گرفت و سپس مبرد بر روی اکسترکتور قرار داده شد دستگاه با کلید اصلی روشن و دما برای همه نمونه‌ها روی ۶۰ درجه سانتی گراد تنظیم گردید فرآیند استخراج ۸ ساعت به طول انجامید. پس از این مدت، دستگاه خاموش و حلال جمع شده در داخل اکسترکتور از طریق شیر مخصوص خارج گردید. بالون‌ها به زیر هود منتقل شدند تا باقی مانده اثر از بین برود، آن‌ها را به مدت ۱/۵ ساعت با دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد حرارت داده شدند بالون‌ها به دسیکاتور منتقل و بعد از سرد شدن توزین گردیدند. برای محاسبه درصد روغن وجود در نمونه‌ها از فرمول (شماره ۳-۳) استفاده گردید.

۱۰۰\*(وزن ثانویه بالون-وزن اولیه بالون)=درصد روغن موجود در نمونه

### ۳-۸-۵- اندازه‌گیری پرولین اندام هوایی

جهت اندازه‌گیری پرولین از روش بیتز و همکاران (۱۹۷۳) استفاده شد. ۰/۱ گرم از نمونه برگی که در مرحله ۱۶ برگی (۱۰ روز پس از دومین محلول‌پاشی) نمونه‌برداری شده بود به همراه ۱۰ میلی‌لیتر اسید ۵-سولفوسالیسیلیک ۳ درصد در هاون کوبیده و در ۴۰۰۰ دور به مدت ۱۰ دقیقه ساتریفیوژ شد. به ۲ میلی‌لیتر از این محلول، ۲ میلی‌لیتر اسید گلاسیال استیک و ۲ میلی‌لیتر اسید نین هیدرین اضافه و به مدت یک ساعت در حمام بن‌ماری در دمای ۹۵ درجه قرار داده شد. ۴ میلی‌لیتر تولوئن به این نمونه اضافه و در نهایت میزان جذب نوری در ۵۲۰ نانومتر در دستگاه اسپکتروفتومتر Jenway 6305 قرائت گردید. میزان پرولین استخراجی براساس میکرومول بر گرم از جدول استاندارد به دست آمد.

### ۳-۸-۶- اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان

#### ۳-۸-۶-۱- استخراج عصاره آنزیمی و روش اندازه‌گیری آنزیم‌ها

مواد و محلول‌ها :

بافر ice-cold extraction: این محلول شامل محلول بافر پتاسیم فسفات ۱۰۰ میلی‌مولار (pH= ۷)

( و محلول ۰/۱ میلی‌مولار EDTA در حجم ۴ میلی‌لیتر می‌باشد. محلول پتاسیم فسفات از دو نمک

$\text{KH}_2\text{PO}_4$  و  $\text{K}_2\text{HPO}_4$  تهیه شد. ابتدا محلول ۱ مولار از هر کدام از این نمک‌ها تهیه و سپس ۲۵ میلی لیتر از هریک برداشته، مخلوط و به حجم ۱۰۰ سی سی رسانده شد و pH آن در حد ۶ و ۷ تنظیم گردید. تنظیم pH با استفاده از NaOH و HCL و نیز دستگاه pH متر صورت گرفت.

### طرز تهیه عصاره آنزیمی:

۰/۲ گرم بافت تر برگ که در مرحله ۱۶ برگگی (۱۰ روز پس از دومین محلول پاشی) نمونه برداری شده بود را داخل یخ قرار داده و بوسیله ۴ میلی لیتر بافر ice-cold extraction در هاون سرد کاملاً ساییده شد و به صورت همگن درآمد. مخلوط همگن به مدت ۱۵ دقیقه در ۱۶۰۰ دور سانتریفیوژ گردید. پس از سانتریفیوژ، فاز بالایی به عنوان عصاره پروتئینی برای سنجش فعالیت آنزیمی در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد مورد استفاده قرار گرفت (آزودو نتو و همکاران، ۲۰۰۶).

### ۳-۸-۶-۲- اندازه گیری فعالیت آنزیم کاتالاز (CAT)

مواد و محلول‌ها :

بافر فسفات سدیم ۱۰۰ میلی مولار (pH = ۷): این بافر از دو نمک  $\text{NaH}_2\text{PO}_4$  و  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$  تهیه شد. ابتدا محلول ۱ مولار هر کدام از این نمک‌ها در حجم ۱۰۰ میلی لیتر تهیه شد و سپس ۲۵ میلی لیتر از هر کدام برداشته، مخلوط کرده و به حجم ۱۰۰ میلی لیتر رسانده شد.

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

$\text{H}_2\text{O}_2$  (۲۰ میلی مولار): محلول ۰/۱ مولار آن در حجم ۱۰۰ میلی لیتر تهیه شد.

روش کار: جهت تعیین فعالیت آنزیم کاتالاز، ۵۰ میکرولیتر (۰/۰۵ میلی لیتر) عصاره آنزیمی، ۶۰۰ میکرولیتر بافر فسفات سدیم (pH = ۷)، ۰/۱۵ میکرولیتر EDTA، ۵۴۹/۸۵ میکرولیتر آب را در تیوپ ریخته و سپس ۳۰۰ میکرولیتر آب اکسیژنه به آن اضافه شد. بلافاصله پس از افزودن آب اکسیژنه، جذب نور توسط دستگاه اسپکتوفتومتر با طول موج ۲۴۰ نانومتر قرائت گردید و پس از سپری شدن مدت زمان ۱ دقیقه بار دیگر میزان جذب خوانده شد. تغییر جذب به دست آمده در زمان ۱ دقیقه، به

ضریب خاموشی مولی این واکنش که برابر  $36 \text{mM}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$  است تقسیم شد و سپس میزان فعالیت آنزیم بر حسب میکرومول  $\text{H}_2\text{O}_2$  در دقیقه بر میلی گرم پروتئین بیان شد (پیرا و همکاران، ۲۰۰۲).

### ۳-۶-۸-۳- فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز (GPX)

مواد و محلول ها :

بافر فسفات (pH = 7) ۱۰۰ میلی مولار و محلول EDTA ۰/۰۰۱ مولار در حجم ۱۰۰ میلی لیتر ساخته شد. محلول ۰/۲ مولار گایاکول در حجم ۱۰۰ سی سی با استفاده از گایاکول ۵ میلی مولار ساخته شد. همچنین محلول ۰/۱ مولار  $\text{H}_2\text{O}_2$  با استفاده از ۰/۱ میلی مولار  $\text{H}_2\text{O}_2$  به حجم ۱۰۰ سی سی ساخته شد.

روش کار: ابتدا ۵۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی، ۸۰۰ میکرولیتر بافر فسفات سدیم (pH = 7)، ۰/۲ میکرولیتر EDTA، ۵۰ میکرولیتر گایاکول، ۷۹۹/۸ میکرولیتر آب در تیوپ ریخته و سپس ۳۰۰ میکرولیتر آب اکسیژنه به آن اضافه شد. در مرحله بعدی، جذب محلول ساخته شده بلافاصله در دستگاه اسپکتوفتومتر با طول موج ۴۷۰ نانومتر قرائت گردید و پس از گذشت مدت زمان ۱ دقیقه، جذب نور دوباره قرائت شد. تغییرات جذب به دست آمده در زمان ۱ دقیقه، به ضریب خاموشی مولی این واکنش که برابر  $26/6 \text{mM}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$  است تقسیم شد و فعالیت آنزیمی بر حسب میکرومول  $\text{H}_2\text{O}_2$  در دقیقه بر میلی گرم پروتئین بیان شد (فیلدینگ و هال، ۱۹۷۸).

### ۳-۹- اندازه گیری برخی عناصر غذایی در اندام هوایی گیاه

#### ۳-۹-۱- اندازه گیری پتاسیم دانه

به منظور اندازه گیری میزان پتاسیم به روش چاپمن و پرات (۱۹۶۱)، نمونه های خشک شده گیاهی بوسیله آون، با استفاده از آسیاب پودر گردید. سپس به مقدار ۱ گرم از بافت خشک را در داخل بوته چینی ریخته و در داخل کوره در دمای ۵۵۰ درجه سانتی گراد به مدت ۵ ساعت قرار داده شد. پس از آن به هر کدام از نمونه ها ۱۰ میلی لیتر اسید کلریدریک ۲ نرمال اضافه گردید و پس از قرار گرفتن در حمام بن ماری به مدت ۲۰ دقیقه و صاف شدن توسط کاغذ صافی، به حجم ۱۰۰ میلی

لیتر رسانده شدند. سپس نمونه‌ها با دستگاه فلیم فتومتر ( نورسنج شعله ) قرائت شده و با استفاده از منحنی استاندارد به غلظت تبدیل شدند.

### ۳-۹-۲- اندازه‌گیری فسفر در دانه

به منظور اندازه‌گیری میزان فسفر اندام هوایی (دانه و برگ) گیاه خشک شده بوسیله آون، آسیاب و با روش خاکسترگیری خشک (مشابه روش اندازه‌گیری پتاسیم) استخراج شد. سپس خاکستر حاصل در ۵ میلی لیتر اسیدکلریدریک ۲ نرمال حل شده و پس از عبور از کاغذ صافی مناسب (واتمن ۴۲) با آب مقطر به حجم ۱۰۰ میلی لیتر رسانده شد. غلظت فسفر در عصاره حاصل به روش آمونیوم مولیبدات و انادات تعیین شد. بدین منظور، ۵ سی‌سی از عصاره بدست آمده را با ۵ میلی لیتر از محلول آمونیوم هپتا مولیبدات و انادات ترکیب کردیم و به حجم ۲۵ میلی لیتر رساندیم. سپس نمونه‌ها با دستگاه اسپکتوفتومتر در طول موج ۴۷۰ نانومتر قرائت شد و عدد قرائت شده با استفاده از منحنی استاندارد فسفر به میلی‌گرم بر کیلوگرم تبدیل و در نهایت مقدار فسفر برگ و دانه محاسبه شد (چاپمن و پرات، ۱۹۶۱).

### ۳-۹-۳- اندازه‌گیری عنصر آهن در دانه

به منظور اندازه‌گیری میزان آهن دانه، نمونه‌های خشک شده گیاهی بوسیله آون، با استفاده از آسیاب پودر گردید. سپس به مقدار ۱ گرم از دانه پودر شده را در داخل بوته چینی ریخته و در داخل کوره در دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ ساعت قرار داده شد. پس از آن به هرکدام از نمونه‌ها ۱۰ میلی لیتر اسیدکلریک ۲ نرمال اضافه گردید و پس از قرار گرفتن در حمام بن‌ماری به مدت ۲۰ دقیقه و صاف شدن توسط کاغذ صافی، به حجم ۱۰۰ میلی لیتر رسانده شدند. اکنون پس از تهیه عصاره مورد نظر با استفاده از دستگاه اتمیک ایزورریشن (جذب اتمیک) مارک (varian) و مدل (spectra 220) قرائت شده و با استفاده از منحنی استاندارد غلظت آهن دانه کنگد محاسبه گردید.

### ۳-۱۰- اندازه گیری هدایت روزنه‌ای (پرومتر) ، محتوای نسبی آب برگ

#### ۳-۱۰-۱- اندازه گیری هدایت روزنه‌ای

۲ هفته بعد از محلول پاشی از هر کرت ۴ برگ کاملا توسعه یافته و هم سن جهت سنجش میزان هدایت روزنه‌ای توسط دستگاه پرومتر مدل (Neterland) ساخت کشور هلند استفاده شد. به طور کلی این نوع دستگاه نسبت به رطوبت و باد حساسیت زیادی دارد به همین دلیل زمان استفاده از این دستگاه در مزرعه، زمانی صورت گرفت که رطوبت و وزش باد کم‌تر باشد (شکل ۳-۴).



شکل ۳-۴- نمایی از اندازه گیری هدایت روزنه‌ای

#### ۳-۱۰-۲- اندازه گیری محتوای نسبی آب برگ

محتوای نسبی آب برگ در آغاز تولید کپسول طی دو هفته متوالی اندازه گیری شد. روز قبل از آبیاری، دیسک‌هایی از برگ‌های هم سن بین ساعت هفت تا هشت صبح گرفته شد و بلافاصله نمونه‌ها در کلمن حاوی یخ قرار گرفته و به آزمایشگاه منتقل گردید. پس از بدست آوردن وزن تازه، نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر در تاریکی قرار داده شدند و مجدد توزین (وزن اشباع) شدند. این نمونه-



ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۸۵ درجه سانتی گراد در آون قرار گرفته و سپس وزن گردیدند (وزن خشک). میزان آب نسبی برگ با استفاده از رابطه ۱، اندازه گیری شد.

$$\text{رابطه (۳-۴): } RWC = [(FW - DW) / (SW - DW)] \times 100$$

در این معادله FW وزن تازه برگ (گرم)، DW وزن خشک برگ (گرم) و SW وزن اشباع برگ (گرم) می باشند (رشید و همکاران، ۲۰۰۳).

### ۱۱-۳- محاسبات و تجزیه و تحلیل آماری

در پایان داده های حاصله با استفاده از نرم افزارهای SAS و MSTATC مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند و مقایسه میانگینها با آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح ۵ درصد انجام شد. برای رسم نمودارها و جداول از برنامه EXCEL استفاده گردید.



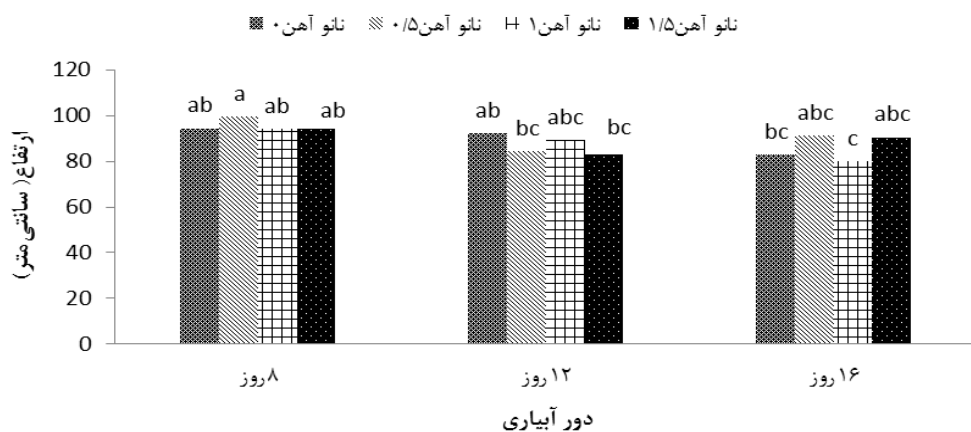
فصل

نتائج و بحث

#### ۴-۱- ارتفاع

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۴-۱) نشان داد اثر متقابل نانو اکسید آهن و تنش خشکی تاثیر معنی‌داری در سطح ۵ درصد بر ارتفاع بوته دارا بود. مقایسه میانگین نشان داد، بیشترین ارتفاع بوته در سطح دور آبیاری ۸ روز (شاهد) با ۹۵/۴۳ سانتی متر بدست آمد. کم‌ترین ارتفاع بوته مربوط به سطح دور آبیاری ۱۲ روز با ۸۶/۹۵ سانتی متر بود (جدول ۴-۲). تنش ملایم سبب کاهش ۷/۷۸٪ ارتفاع نسبت به شاهد در گیاه کنجد شد در حالی که در تنش شدید اثر معنی‌داری نداشت، اثر متقابل تنش خشکی و نانو آهن نشان می‌دهد، بیشترین میزان ارتفاع بوته در سطح تنش شاهد و محلول پاشی ۰/۵ گرم در لیتر نانو اکسید آهن با میانگین ۹۹/۴۱ سانتی‌متر و کمترین میزان ارتفاع بوته در تنش ۱۶ روز و محلول پاشی ۱ گرم نانو با میانگین ۷۹/۹۱ سانتی‌متر بدست آمد که این روند افزایشی در تیمار ۰/۵ گرم در لیتر نانو آهن در تنش شاهد، حدود ۵/۴۷٪ نسبت به شاهد می‌باشد. شکل ۴-۱ حاکی از آن است که با افزایش غلظت محلول پاشی نانو آهن به همراه افزایش دور آبیاری از ارتفاع بوته کاسته می‌شود که این خود اثر منفی غلظت بالا نانو آهن و تنش را بر ارتفاع بوته نشان می‌دهد. مطالعه صادق پور و آقای (۲۰۱۲) حاکی از آن است که تحت شرایط تنش خشکی جریان آب در اطراف سلول‌های در حال رشد کاهش می‌یابد، که در نتیجه طولی شدن این سلول‌ها متوقف می‌گردد، همچنین در شرایط کمبود آب ترشح هورمون سیتوکینین از ریشه کاهش یافته و از طریق کاهش تقسیم سلول‌ها، ارتفاع گیاه کاهش می‌یابد (لالینیا و همکاران، ۲۰۱۲). با توجه به اینکه عناصر ریز مغذی موجب بهبود اثرات ناشی از تنش می‌شوند و در این پژوهش، ذرات نانو آهن با افزایش روند تنش خشکی، مقاوت گیاه را در برابر تنش افزایش داده و مانع از کاهش ارتفاع بوته گردید. آهن به عنوان کوفاکتوری منحصر به فرد ۱۴۰ آنزیم را کاتالیز می‌کند (بریتنهام و همکاران، ۱۹۹۴)، بر این اساس، آهن نقش مهمی در رشد و توسعه گیاهان ایفا می‌کند (میلر و همکاران، ۱۹۹۵). آزمایش‌های مختلف نشان داده، مصرف عناصر ریز مغذی در زراعت آفتابگردان بر ارتفاع ساقه، قطر طبق، درصد

روغن، تعداد برگ و در نهایت عملکرد دانه تاثیر قابل توجهی دارد (سپهر و همکاران، ۲۰۰۴). در آزمایش زاید و همکاران (۲۰۱۱)، محلول پاشی عناصر ریز مغذی به ویژه آهن سبب افزایش ارتفاع، وزن خشک اندام هوایی و محتوای کلروفیل در برنج شد. خلیلی محله و رشدی (۱۳۸۷) بیان کردند نوع کود مصرفی تأثیر معنی داری در سطح ۱ درصد بر ارتفاع ذرت داشت به طوری که بیشترین ارتفاع ساقه با میانگین ۲۳۹ سانتی‌متر در تیمار (آهن+ روی+ منگنز) دیده شد و نسبت به تیمارهای کودی دیگر برتری داشت. معنی داری اثر متقابل تنش خشکی و نانو آهن حاکی از آن است که برخی تحقیقات بیانگر اثر مثبت این عنصر بوده اند به عنوان مثال در مطالعات مظاهری نیا و همکاران (۱۳۸۹) بیشترین ارتفاع گیاه گندم رقم آتیلا با میانگین ۶۳/۴ سانتی‌متر مربوط به تیمار نانو اکسید آهن ۱ درصد بود.



شکل ۴-۱ اثر متقابل خشکی و محلول پاشی نانو اکسید آهن بر ارتفاع بوته

#### ۴-۲- تعداد شاخه‌های فرعی

شاخه‌های فرعی در بعضی از ارقام کنگد وجود دارد به گونه‌ای که در افزایش عملکرد در گیاه موثر است. نتایج تجزیه واریانس آماری داده‌ها در جدول ۴-۱ نشان می‌دهد اعمال تنش خشکی بر تعداد شاخه فرعی در سطح ۰.۵٪ اثر معنی داری داشت. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد بیشترین تعداد شاخه فرعی در سطح تیمار تنش خشکی شاهد با میانگین ۷/۵۶ عدد و کمترین آن تیمار خشکی دور

آبیاری ۱۶ روز با میانگین ۶/۲۷ عدد بدست آمد. علی رغم اینکه با افزایش تنش خشکی از تعداد شاخه‌های فرعی کاسته شده اما تنش خشکی ملایم نسبت به شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۴-۱). از آنجایی که گیاه کنگد گیاهی رشد نامحدود است و نسبت به گیاهان رشد محدود مقاومت بیش‌تری نسبت به تنش خشکی نشان می‌دهد (گاردنر، ۱۹۸۵) پس احتمالاً به همین دلیل با شدت تنش از تعداد شاخه‌های فرعی کاسته می‌شود. ولی در تنش متوسط تغییر زیادی در شاخه‌های فرعی ایجاد نشده است، که با آزمایشات مورتی و بهاتیا (۱۹۹۰) مطابقت دارد. رضوانی مقدم و همکاران (۲۰۰۵) بیان داشتند که تیمارهای مختلف آبیاری تاثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد کپسول در بوته، زیست توده، عملکرد دانه و شاخص برداشت کنگد دارد. هم‌چنین تنش خشکی به خصوص قطع آبیاری از مرحله گلدهی به بعد در کلزا توانست تعداد شاخه‌های فرعی را کاهش دهد (شیرانی راد و همکاران، ۲۰۱۰).

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در جدول ۴-۱ نشان می‌دهد محلول‌پاشی نانو اکسید آهن بر صفت تعداد شاخه‌های جانبی در سطح ۱ درصد اثر معنی‌داری داشت. ولی اثر متقابل تنش خشکی و نانو آهن بر تعداد شاخه‌های فرعی معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین تعداد شاخه فرعی با میانگین ۷/۶۶ عدد در سطح محلول پاشی نانو آهن ۱/۵ گرم در لیتر و کم‌ترین تعداد شاخه فرعی با میانگین ۵/۸۸ عدد در سطح محلول پاشی ۱ گرم در لیتر بدست آمد. عناصر از طریق افزایش کارایی در تجمع هیدروکربن‌ها به ویژه در شرایط تنش خشکی موجب افزایش رشد شاخه جانبی می‌شوند. که با توجه به مطالعاتی که انجام شده به نظر می‌رسد سمیت ایجاد شده توسط عناصر سبب کاهش تعداد شاخه فرعی در این گیاه می‌شود (ننوا، ۲۰۰۸). 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 در گیاهان مشاهده شد که فقط تیمار نانو آهن ۰/۵ گرم در لیتر را دریافت کرده بودند. البته بین این تیمار و ترکیب تیماری آهن معمولی ۰/۲۵ گرم در لیتر × نانو منیزیم اختلاف معنی‌داری نداشت (دلفانی، ۱۳۹۰).

#### ۴-۳- تعداد دانه در کپسول

تأثیر تنش خشکی بر صفت تعداد دانه در کپسول در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود در حالیکه محلول‌پاشی نانو اکسید آهن و اثر متقابل آن، بر تعداد دانه در کپسول اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۴-۱). تعداد دانه از ۷۴/۳۹ دانه در هر کپسول در دور آبیاری ۸ روز به ۶۵/۰۱ دانه در سطح دور آبیاری ۱۶ روز کاهش یافت. دور آبیاری در ۱۶ روز منجر به کاهش ۱۲/۶ درصدی در تعداد دانه در کپسول نسبت به سطح شاهد یا دور آبیاری ۸ روز گردید. با توجه به مقایسه میانگین داده‌ها جدول ۴-۲، تنش خشکی در سطح تنش ملایم نسبت به شاهد تفاوت آماری زیادی نداشت ولی در نهایت سبب کاهش تعداد دانه در کپسول در گیاه کنجد گردید، که این کاهش دیده شده در تعداد دانه در کپسول در اثر بروز تنش خشکی با یافته‌های حسن زاده و همکاران (۲۰۰۹) مطابقت داشت. بر این اساس با تطبیق آنچه تری گرگوری (۲۰۰۳) اظهار داشت و در مورد محصولات دارای سیستم رشد نامحدود نظیر سویا، کنجد و زراعت کلزای بهاره در صورت بروز خشکی توام با گرما (که حالت شدیدتر آن در کشت تابستانه سویا و کنجد در مناطق گرم و خشک مشاهده می‌گردد) با کاهش تعداد غلاف‌های تولید شده (کپسول در کنجد) و تعداد بذر به ازای هر غلاف، منجر به کاهش عملکرد می‌گردد. همچنین در مطالعه‌ای مشابه حیدری و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که تعداد دانه در کپسول در گیاه کنجد در حالت تنش نسبت به آبیاری نرمال، ۱۲ درصد کاهش داشت. مهرابی و همکاران (۱۳۹۰) در بررسی سطوح مختلف آبیاری در چهار رقم کنجد بیان کردند، با کاهش آبیاری ۱۴۵ میلی‌متر تبخیر، از سطح تشتک تبخیر منجر به کاهش ۳۷ درصدی تعداد دانه در کپسول شد. تعداد دانه در غلاف (تعداد دانه در کپسول در کنجد) تا حد زیادی بستگی به میزان فتوسنتز طی دوره گلدهی و کپسول‌دهی بستگی دارد. وجود عوامل محدود کننده فتوسنتز در این دوره باعث کاهش تعداد دانه در کپسول می‌شود (سینکلر و همکاران، ۲۰۱۰). تاثیر مستقیم تنش بر دانه‌بندی از طریق کاهش تسهیم ماده خشک به سمت دانه‌های در حال تشکیل و یا کاهش تخصیص ماده خشک به دانه در

طول دوره بحرانی رشد بوده و بنابراین وضعیت تسهیم و تخصیص تعیین کننده، تعداد دانه است (رشدی و همکاران، ۲۰۰۹).

#### ۴-۴- تعداد کپسول در بوته

با توجه به جدول تجزیه واریانس ۴-۱ هیچ یک از تیمارهای اعمال شده، بر روی صفت تعداد کپسول در بوته اثر معنی داری نداشت. اگرچه هیچ یک از تیمارها اثر معنی داری نشان نداد ولی با افزایش تنش خشکی سیر نزولی بر تعداد کپسول در بوته ایجاد شد (جدول ۴-۲). بررسی انجام گرفته توسط کومار و همکاران (۲۰۰۰) و دیوتا و همکاران (۱۹۹۶) نیز حاکی از افزایش تعداد کپسول در بوته با کاهش فاصله آبیاری است.

#### ۴-۵- ارتفاع اولین کپسول از سطح زمین

بین تیمارهای مختلف آبیاری از نظر فاصله اولین کپسول از سطح زمین اختلاف معنی داری مشاهده نشد. به طوری که هیچ یک از اثرات اصلی و متقابل در صفت ارتفاع اولین کپسول از سطح زمین معنی دار نشد (جدول ۴-۱). کوتروباس و همکاران (۲۰۰۰) نتایج مشابهی را در کرچک گزارش کردند که با این تحقیق مطابقت دارد.

#### ۴-۶- وزن هزار دانه

از آنجایی که دانه یکی از مهم‌ترین بخش‌های گیاه محسوب می‌شود علاوه بر اینکه در میزان عملکرد نقش بسزایی دارد، به عنوان یکی از مهم‌ترین مقصدهای فیزیولوژیکی محسوب می‌شود. تجزیه واریانس داده‌ها در جدول ۴-۱ نشان داد، تنها اثر اصلی تنش خشکی در سطح ۵ درصد بر وزن هزار دانه معنی دار بود و اثر محلول‌پاشی نانو اکسید آهن و اثر متقابل آن تأثیر معنی داری بر آن نداشت. مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۴-۲) نشان داد بین سطح دور آبیاری ۱۲ روز و ۱۶ روز (تنش ملایم و شدید) از نظر آماری تفاوت معنی داری وجود ندارد، در حالی که نسبت به شاهد اثر معنی داری داشت. مقدار وزن هزار دانه در تنش شدید حدود ۲۴/۱۴ درصد نسبت به شاهد کاهش داشت. کاهش وزن هزار دانه در نتیجه تنش خشکی حاصل کاهش دوره پر شدن دانه و از دست دادن فصل رشد



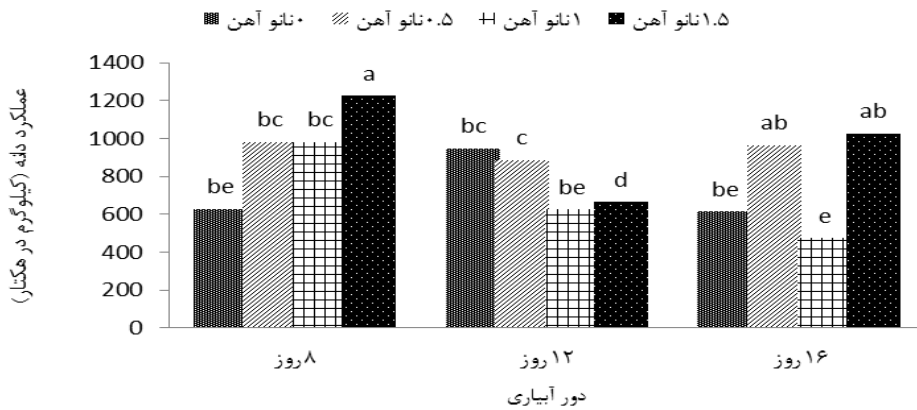
است که نتایج تحقیقات هیتزلی (۱۹۹۳) در سویا نشان داد بروز تنش خشکی در دوره زایشی به دلیل کوتاه شدن دوره پر شدن دانه و نیز کاهش انتقال کربوهیدرات به دانه به علت کاهش سطح برگ و فتوسنتز کمتر برگی، سبب کاهش وزن دانه خواهد شد.

این در شرایطی است که سقط جنینی به علت بروز استرس خشکی بلافاصله پس از گرده افشانی و در نتیجه ریزش دانه‌ها به این علت، از عوامل موثر بر کاهش وزن هزار دانه هستند (وستگات و پترسون، ۱۹۹۳) که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. همچنین در مطالعه‌ای دیگری توسط امانی و همکاران (۲۰۱۲) مشخص گردید که وزن هزار دانه کنگد در حالت تنش ۱۵/۵ درصد نسبت به شاهد کاهش یافت. تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه‌ها در سویا بیشترین خسارت را بر وزن هزار دانه وارد کرد (گاردنر و همکاران، ۱۹۸۵).

#### ۴-۷- عملکرد دانه

نتایج تجزیه آماری داده‌ها در جدول ۴-۱ نشان داد تنش خشکی، محلول پاشی نانو اکسید آهن و اثر متقابل خشکی و محلول پاشی نانو اکسید آهن تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشت. مقایسه میانگین داده‌ها بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ درصد نشان داد بیشترین میزان عملکرد دانه در سطح خشکی شاهد و محلول پاشی ۱/۵ گرم بر لیتر حاصل شد. در این بین کمترین میزان عملکرد دانه در سطح خشکی، ۱۶ روز و محلول پاشی ۱ میلی گرم بر لیتر نانو آهن حاصل شد. که این کاهش عملکرد، نسبت به شاهد ۵۱/۷۷٪ بدست آمد. به طوری که در تنش متوسط در سطوح مختلف محلول پاشی عملکرد دانه نسبت به تنش شدید کاهش عملکرد بیشتری از خود نشان می‌دهد در حالی که در تنش شدید با افزایش سطوح محلول پاشی نه تنها عملکرد دانه کاهش پیدا نکرد بلکه با افزایش سطوح محلول پاشی افزایش عملکرد هم داشت (شکل ۴-۳). که این نشان دهنده نقش عناصر ریز مغذی و آهن در تعدیل تنش در هر یک از مراحل اعمال تنش می‌باشد و همچنین به نوعی نشان دهنده کارایی بیش‌تر عنصر آهن و نانو ذرات می‌باشد که این افزایش می‌تواند تأثیر این عنصر بر

میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان باشد. قاعدتاً در شرایط رطوبتی مناسب جذب و انتقال ریزمغذی‌ها در گیاهان با سهولت بیشتری صورت گرفته و طبیعی است که در شرایط عدم تنش اثر ریز مغذی‌ها بر عملکرد محصول بیش‌تر شود. از این نتایج می‌توان استنباط کرد که عملکرد دانه تابع اجزاء عملکرد (شامل تعداد دانه در کپسول و وزن هزار دانه) می‌باشد و تغییر در هر یک از اجزا سبب تغییر در عملکرد خواهد شد. آهن با تأثیر در فتوسنتز باعث افزایش کربوهیدرات می‌شود و از آنجا که در پایان ذخیره این مواد در دانه صورت می‌گیرد می‌توان اظهار نمود که محلول‌پاشی آهن سبب افزایش عملکرد دانه می‌گردد. رحیمی زاده و همکاران (۱۳۸۹) بیان کردند در شرایط بدون تنش، مصرف ریز مغذی‌ها تأثیر بیشتری بر عملکرد دانه داشت. بنابراین در شرایط رطوبتی مناسب جذب و انتقال ریز مغذی‌ها در گیاهان با سهولت بیشتری صورت گرفته و طبیعی است که در شرایط عدم تنش اثر ریز مغذی‌ها بر عملکرد بیشتر باشد. از طرفی عناصر کم‌مصرف، اثر تنش‌های محیطی را کاهش می‌دهد، که طبق گزارشات شیخ بیگلو و همکاران (۲۰۱۰)، نانو اکسید آهن سبب افزایش غلاف و وزن خشک برگ و عملکرد سویا شد. حبیب و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که استفاده از ۱۵۰ گرم آهن از اکسید آهن سبب افزایش عملکرد دانه گندم شد. رمودی و همکاران (۱۳۹۰) بیان کردند وجود آهن در گیاه سبب افزایش فتوسنتز و از این طریق سبب افزایش کربوهیدرات و مواد پروتئینی می‌شود و از آنجایی که در نهایت ذخیره این مواد در دانه صورت می‌گیرد، می‌توان گفت که محلول پاشی آهن سبب افزایش عملکرد دانه می‌شود.

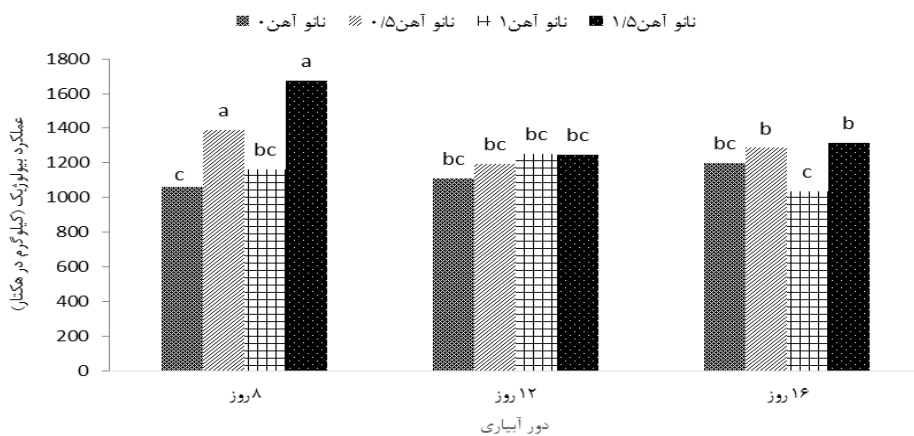


شکل ۴-۲ اثر متقابل خشکی و محلول پاشی نانو اکسید آهن بر عملکرد دانه

#### ۴-۸- عملکرد بیولوژیک

عملکرد بیولوژیک یکی از شاخص‌های مهم در تعیین میزان رشد گیاهان زراعی محسوب می‌شود. نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر تنش خشکی، محلول پاشی نانو آهن و اثر متقابل تنش خشکی × نانو آهن بر عملکرد ماده خشک در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار گردید (جدول ۴-۱). مقایسه میانگین صفات نشان داد، بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک در تنش خشکی شاهد و با محلول پاشی ۱/۵ گرم بر لیتر نانو آهن بدست آمد، که ۵۷/۶۹٪ نسبت به شاهد افزایش عملکرد نشان داد و کمترین میزان عملکرد بیولوژیک در شرایط تنش خشکی ۱۶ روز و محلول پاشی ۱ گرم بر لیتر نانو آهن حاصل شد. در حالی که در تنش ملایم با سطوح مختلف نانو آهن از نظر آماری بر میزان این صفت تفاوت معنی داری نشان داده نشد. با توجه به شکل ۴-۴ با افزایش دور آبیاری و محلول پاشی نانو آهن به همان نسبت سبب کاهش عملکرد بیولوژیک می‌شود و می‌توان گفت، با محلول پاشی نانو آهن و کاهش فواصل دور آبیاری می‌توان عملکرد بیولوژیک را در دانه‌های روغنی به خصوص کنجد افزایش داد که این خود نشان دهنده اهمیت عنصر آهن در شرایط تنش را برای گیاه نشان می‌دهد. با توجه به تحقیقاتی که انجام شده، عملکرد گیاهان زراعی مختلف با توجه به مقدار و فواصل آب دریافتی و مرحله رشدی متفاوت است و معمولاً با افزایش تنش خشکی، کاهش می‌یابد (کوچکی و

همکاران، ۱۳۷۲). کاهش عملکرد ماده خشک در اثر کاهش میزان آب قابل استفاده، برای گلرنگ نیز مورد تأیید می‌باشد (نادری درباغشاهی و همکاران، ۱۳۸۳). تحقیقاتی که توسط جابر زاده و همکاران (۲۰۱۰)، فیزی و همکاران (۲۰۱۱) و معاونی و خیری (۲۰۱۱) انجام شد نشان داد مصرف نانو ذرات سبب افزایش عملکرد گیاهان مختلف می‌شود. با توجه به نقش آهن در رشد و فرآیندهای فیزیولوژیکی از جمله سنتز کلروفیل و فتوسنتز می‌توان انتظار داشت که کمبود این عنصر تعادل و توازن عناصر غذایی در گیاه را به هم می‌زند، و در نهایت سبب کاهش عملکرد کمی و کیفی و در نهایت عملکرد محصول می‌گردد. در مطالعه‌ای استفاده از نانو کود کلاته آهن در لوبیا چیتی مشاهده شد که کود بر تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در بوته، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک اثر معنی داری داشت (مجیدی دیزج و همکاران، ۱۳۹۰). افزایش عملکرد زیستی با مصرف عناصر ریزمغذی علل مختلفی می‌تواند داشته باشد که از آن جمله می‌توان به افزایش فعالیت فتوسنتزی، افزایش تعداد شاخه فرعی، افزایش تعداد دانه در بوته و در کل افزایش ماده خشک در بوته اشاره نمود (شرفی و همکاران، ۲۰۰۲). لازم بذکر است اگرچه با افزایش نانو آهن بر میزان عملکرد بیولوژیک افزوده شد ولی در سطح ۱ گرم بر لیتر عکس انتظار بود، به دلیل اینکه غلظت‌های زیاد بعضی از عناصر سبب ایجاد تنش اکسیداتیو و در نهایت سبب سمیت در گیاه می‌شوند. هر چند وجود برخی عناصر از جمله آهن برای رشد طبیعی گیاهان ضروری است، غلظت‌های زیاد این عناصر از طریق افزایش رادیکال‌های آزاد سمی و القا تنش اکسیداتیو می‌تواند عاملی بازدارندگی رشد و ایجاد علائم سمیت گردد، که این نتایج با تحقیقات (الوارضا و همکاران، ۲۰۰۲)، (سو و همکاران، ۲۰۰۲) همخوانی دارد.

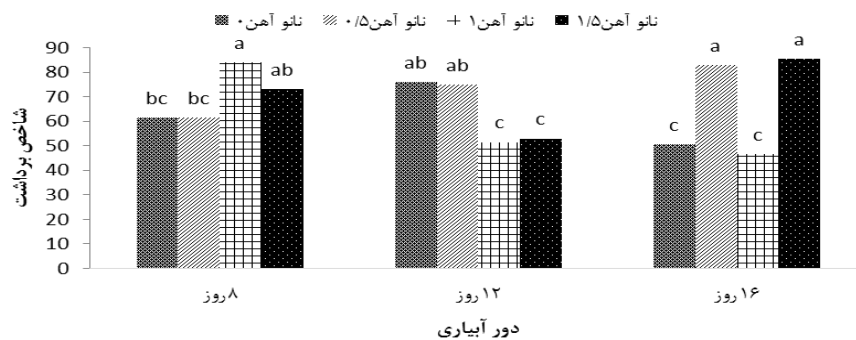


شکل ۳-۴ اثر متقابل خشکی و محلول پاشی نانو اکسید آهن بر عملکرد بیولوژیک

#### ۹-۴- شاخص برداشت

شاخص برداشت، نشان‌دهنده توزیع نسبی محصولات فتوسنتزی بین مخازن اقتصادی و سایر مخازن موجود در گیاه می‌باشد. تجزیه داده‌های حاصل از میزان اندازه‌گیری شاخص برداشت جدول ۴-۱ نشان داد، که تنش خشکی اثر معنی داری بر این صفت نداشت. در حالی که محلول پاشی نانو آهن و اثر متقابل نانو آهن × تنش خشکی به ترتیب در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد اثر معنی داری داشت. همان‌طور که در جدول مقایسه میانگین ملاحظه می‌شود، با افزایش سطوح محلول پاشی نانو آهن بر میزان شاخص برداشت افزوده می‌شود، از آنجایی که شاخص برداشت به نوعی نشان‌دهنده عملکرد اقتصادی و عملکرد بیولوژیک در گیاه می‌باشد با توجه به این نتایج می‌توان گفت شاخص برداشت تابع این دو عملکرد بوده و چون با محلول پاشی نانو آهن بر عملکرد دانه افزوده شده به تبع آن بر شاخص برداشت نیز اثر مثبتی دارد. شکل ۴-۵ نشان می‌دهد بیشترین شاخص برداشت در شرایط عدم تنش خشکی با محلول پاشی ۱ گرم بر لیتر با میانگین ۸۴/۲۱٪ بود در حالی که در تنش شدید نتیجه قابل ملاحظه‌ای ایجاد شد که در شرایط تنش شدید با محلول پاشی ۰/۵ گرم بر لیتر ۶۳/۲۳ درصد و در محلول پاشی ۱/۵ گرم بر لیتر ۶۸/۲۳ درصد نسبت به شاهد افزایش در شاخص برداشت را نشان داد. به نظر می‌رسد این امر در نتیجه اختصاص مقدار بیشتری از مواد پرورده به دانه‌ها در مقایسه با اندام رویشی در اثر کاربرد محلول پاشی نانو آهن باشد، که بالاتر بودن درصد افزایش

عملکرد اقتصادی (۹۴ درصد) در مقایسه با عملکرد بیولوژیک (۶۲ درصد) تحت تأثیر محلول پاشی نیز این موضوع را تأیید می‌کند. این تحقیق نتایج مشابهی با نتایج عبدزاده‌گوهری و نیاکی (۲۰۱۰) و بزرگی (۲۰۱۲) دارد. با توجه به اینکه نانو ذرات به دلیل توانایی سرعت جذب و انتقال بالایی دارد و به دلیل حلالیت و فراهمی بیشتر اثرات چشم‌گیری در گیاه ایجاد می‌کند، به گونه‌ای مصرف عناصر کم‌مصرف می‌توانند اثراتی که تنش در گیاه ایجاد می‌کند را خنثی و سبب بهبود آن شوند. در آزمایش عمادی (۲۰۱۰) افزایش غلظت آهن موجب تعدیل اثرات تنش شوری بر آفتابگردان گردید. مصرف عناصر ریز مغذی از طریق کاهش اثرات منفی یون‌های سمی می‌تواند مقاومت گیاهان را در برابر تنش افزایش دهد (الفوردی و همکاران، ۲۰۱۰). همچنین با توجه به قطر نانو ذرات انتظار می‌رود سرعت جذب، انتقال و تجمع ذرات نانو بسیار بیشتر از ذرات معمول باشد. بالا بودن کارایی جذب و سطح مخصوص ذرات در مقایسه با ذرات معمول، اثر گذاری بیشتر این ذرات را می‌تواند توجیه کند (مونیکا و کریمونینی، ۲۰۰۹). اثر متقابل تنش خشکی و نانو آهن نیز نشان می‌دهد که با افزایش روند تنش خشکی و کاهش فواصل آبیاری هرچند در بعضی شرایط کاهش شاخص برداشت را دارد ولی با افزایش محلول پاشی نانو ذرات آهن بر این صفت اثر معنی داری بالایی دارد.



شکل ۴-۴ اثر متقابل خشکی و محلول پاشی نانو اکسید آهن بر شاخص برداشت

#### ۴-۱۱- تنظیم کننده‌های اسمزی

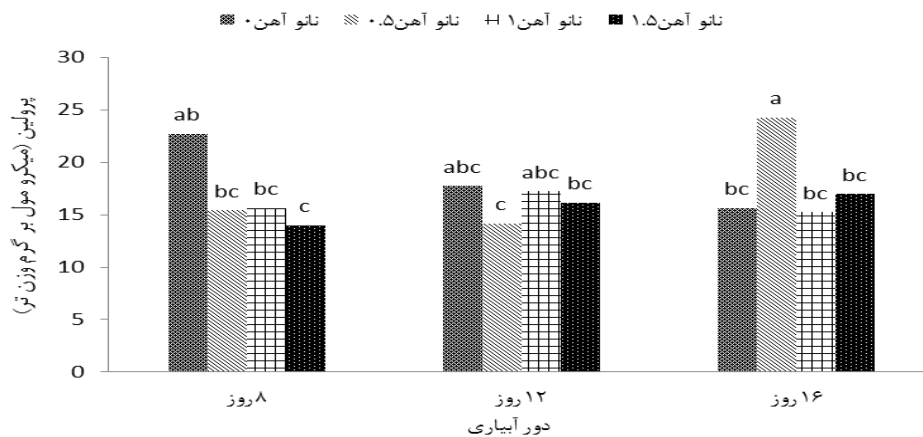
##### ۴-۱۱-۱- پرولین

پرولین یکی از اسیدآمین‌های فعال در پدیده تنظیم اسمزی می‌باشد که در حفظ فشار اسمزی درون گیاه نقش بسزایی دارد (مجیدی هروان، ۱۳۷۲). نتایج تجزیه واریانس در جدول ۴-۳ نشان داد، تنش خشکی و محلول پاشی نانو اکسید آهن تاثیر معنی داری بر پرولین نداشت، در حالیکه اثر متقابل نانو اکسید آهن و تنش خشکی در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار بود.

همان‌طور که در شکل ۴-۵ ملاحظه می‌شود بالاترین میزان پرولین در بالاترین سطح تنش (۱۶ روز دور آبیاری) و محلول پاشی نانو اکسید آهن ۰/۵ گرم بر لیتر حاصل شد که این افزایش در غلظت ۰/۵ گرم بر لیتر ۵۷/۴ درصد نسبت به شاهد بیش‌تر بود. کم‌ترین میزان پرولین در غلظت ۱/۵ گرم نانو آهن و تنش شاهد بدست آمد که این کاهش به میزان ۱۷/۶۸ درصد نسبت به شاهد کم‌تر بود. در بقیه غلظت‌ها با افزایش نانو آهن تغییرات قابل ملاحظه‌ای در شرایط تنش مشاهده نشد.

نتایج افزایش معنی‌دار میزان پرولین گیاه را در اثر کمبود آهن نشان داد (فیسچیلا و همکاران، ۱۹۹۸). در اکثر گیاهان میزان پرولین در تنش‌های زیستی و غیر زیستی افزایش می‌یابد (تان و همکاران، ۲۰۰۸). بنابراین کمبود آهن به عنوان یک تنش عمل کرده و سبب افزایش محتوای پرولین در گیاه شده است (فیسچیلا و همکاران، ۱۹۹۸). در تنش شدید اگرچه با افزایش نانو آهن به مقدار خیلی ناچیز بر میزان پرولین افزوده شد و بجز در تیمار ۰/۵ گرم بر لیتر در بقیه غلظت‌ها از نظر آماری تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، با این وجود لازم به ذکر است اگرچه بین تیمارها اثر معنی‌داری مشاهده نشد ولی با محلول پاشی ۱/۵ گرم بر لیتر نانو آهن در سطح تنش شدید حدود ۲۱/۴۸ درصد نسبت به شاهد، افزایش پرولین را نشان داد. از آنجا که گیاهان در مقابل تنش‌های اکسیداتیو، انواع آنتی‌اکسیدانت‌های آنزیمی و غیر آنزیمی مثل پرولین را تولید می‌کنند (کساوا و همکاران، ۲۰۱۱)، پرولین به طور کلی از دو مسیر عمده ساخته می‌شود: مسیر گلوتامات که آنزیم‌های

آن در سیتوپلاسم قرار دارند، و مسیر اورنتین که آنزیم‌های آن در میتوکندری می‌باشند. مسیر گلوتامات در گیاهان عالی اهمیت بیش‌تری دارد و به نظر می‌رسد آنزیم کلیدی این مسیر به محلول-پاشی آهن و عناصر ریز مغذی واکنش مثبت نشان داده‌اند (دلانی و همکاران، ۱۹۹۳). بنابراین فقط در تنش شدید سطح ۰/۵ گرم بر لیتر نانو اکسید آهن که در این مطالعه استفاده شده برای گیاه کنجد تنش محسوب شده و سبب افزایش پرولین گردید.



شکل ۴-۵ اثر متقابل خشکی و محلول پاشی نانو اکسید آهن بر پرولین گیاه

#### ۴-۱۱-۲- کربوهیدرات برگ

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها در جدول ۳-۴ نشان داد هیچ یک از تیمارهای تنش خشکی و نانو اکسید آهن تاثیر معنی داری بر میزان کربوهیدرات محلول در برگ کنجد رقم اولتان نداشت. هر چند براساس مقایسه میانگین داده‌ها روند نسبتاً کاهشی این صفت همراه با افزایش تنش خشکی و برعکس آن همراه با افزایش سطوح محلول پاشی نانو اکسید آهن مشاهده گردید اما این تغییرات از نظر آماری معنی دار نبودند.

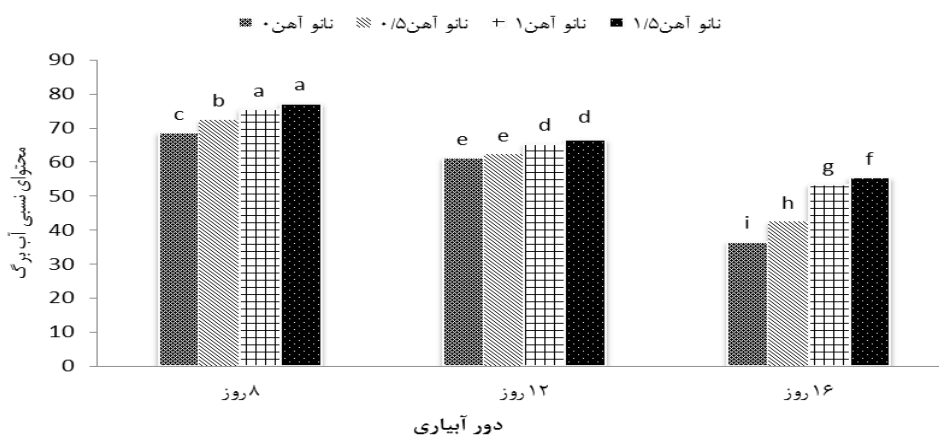


#### ۴-۱۲- محتوای نسبی آب برگ<sup>۱۸</sup> (RWC)

جدول تجزیه واریانس داده ها (جدول ۴-۳) حاکی از آن است که اثر تنش خشکی، محلول پاشی نانو اکسید آهن و اثر متقابل تنش خشکی و نانو اکسید آهن بر محتوای نسبی آب برگ در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار بود. همانطور که در شکل ۴-۶ مشاهده می شود، بیشترین میزان RWC در تنش خشکی شاهد و در غلظت ۱/۵ گرم نانو اکسید آهن در لیتر حاصل شد. هر چند با افزایش سطح تنش از a<sub>1</sub> به a<sub>3</sub> از میزان RWC کاسته شد و کمترین مقدار RWC در تنش خشکی a<sub>3</sub> و در تیمار عدم مصرف نانو اکسید آهن حاصل شد اما محلول پاشی نانو اکسید آهن تا سطح ۱/۵ گرم بر لیتر تا حدی منجر به بهبود وضعیت رطوبتی برگ در بالاترین سطح تنش شد. مولائی و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کردند که محتوی نسبی آب کنگد در رقم اولتان در حالت تنش نسبت به آبیاری نرمال ۱۵ درصد کاهش داشت. سینگ و سینگ (۱۹۹۵) در بررسی تأثیر تنش خشکی بر سورگوم، ذرت دانه‌ای و ارزن مرواریدی در شرایط مزرعه‌ای گزارش کردند که افزایش شدت تنش خشکی سبب کاهش میزان آب نسبی برگ می‌شود. در این مطالعه در تنش شدید نسبت به شاهد تفاوت زیادی ایجاد شد که سبب کاهش چشمگیری از میزان محتوی نسبی آب برگ شد که نسبت به شاهد ۵۶/۵۹ درصد تفاوت داشت. برخی مطالعات حاکی از قابل اطمینان بودن RWC به عنوان شاخص تحمل به خشکی می‌باشد (سینکلر و همکاران، ۱۹۸۵)، زیرا بین میزان RWC با سرعت تعرق ارتباط وجود دارد و لذا این مؤلفه در موارد زیادی، جهت تعیین اختلاف ارقام از نظر تحمل به خشکی استفاده می‌شود (حسینی و همکاران، ۱۳۷۲). در مطالعه ای که بر روی تأثیر محلول پاشی نانو ذره آهن به همراه مواد افزودنی بر رشد و عملکرد لوبیا سبز نشان داد، بالاترین غلظت نانو آهن سبب افزایش محتوای نسبی آب برگ شد (نوذری راد، ۱۳۹۲).

---

۱۸ Relative Water Content (RWC)

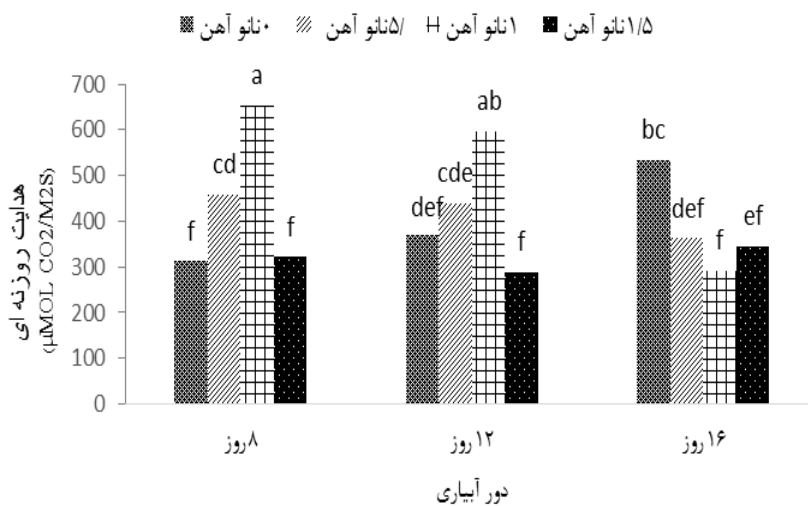


شکل ۴-۶ اثر متقابل خشکی و محلول پاشی نانو اکسید آهن بر محتوی نسبی آب برگ

#### ۴-۱۳- هدایت روزنه‌ای

با توجه به نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۴-۳) اثر اصلی محلول پاشی نانو آهن و اثر متقابل تنش خشکی و نانو آهن در سطح احتمال ۱ درصد بر هدایت روزنه‌ای معنی‌دار شد. مقایسه میانگین داده‌ها در جدول ۴-۴ نشان داد که با افزایش محلول پاشی نانو آهن در همه سطوح، سبب افزایش این صفت گردید، به جز در محلول پاشی ۱/۵ گرم بر لیتر نانو آهن که سبب کاهش چشمگیری از هدایت روزنه‌ای در گیاه کنجد مشاهده شد. از آنجایی که بسته شدن روزنه‌ها یکی از سریع‌ترین پاسخ‌های گیاه در مقابل تنش خشکی می‌باشد و این به نوعی سبب می‌شود جذب دی‌اکسید کربن را کاهش دهد که پیامد آن، کاهش فتوسنتز گیاه است (استیپن و کلوبوس، ۲۰۰۶). کنترل روزنه‌ای از دست دادن آب، به عنوان یک رویداد اولیه در واکنش گیاهان به کمبود محتوای آب ناشی از تنش شناخته می‌شود که منجر به محدودیت جذب کربن به وسیله برگ‌ها می‌شود (کورنیک و مساک، ۱۹۹۶). در شکل ۴-۷ ملاحظه می‌شود با محلول پاشی نانو اکسید آهن در تنش متوسط تا غلظت ۱ گرم بر لیتر سبب افزایش هدایت روزنه‌ای شد در حالی که در تنش شدید این روند به شدت سیر نزولی داشت بطوریکه در بالاترین غلظت نانو اکسید آهن بیش‌ترین کاهش را نشان داد. براساس گزارش شیمشی (۱۹۶۷) کمبود آهن القا شده در گیاه بادام زمینی سبب کاهش قابل توجه میزان گشودگی روزنه‌های برگ شد ولی تراکم روزنه تغییری نیافت. در کمبود آهن علاوه بر کاهش کلروفیل،

میزان نفوذ پذیری برگ کاهش می‌یابد که این موارد سبب ایجاد کلروز در برگ می‌شود. کلروز ناشی از کمبود آهن، نوعی تنش غیر زیستی برای گیاه محسوب می‌شود. با توجه به اینکه آهن در فتوسنتز گیاه اثر مثبت دارد و با بسته شدن روزنه‌ها بر میزان فتوسنتز کاهش می‌یابد می‌توان چنین استنباط کرد که احتمالاً هدایت روزنه‌ای با آهن موجود در گیاه ارتباط مستقیم دارد و با افزایش آهن به ویژه نانو آهن به دلیل جذب شدید در گیاه سبب افزایش هدایت روزنه‌ای در گیاه می‌شود و به نظر می‌رسد در بالاترین غلظت نانو آهن به دلیل سمیت ناشی از غلظت بالای آهن سبب کاهش این صفت گردید.



شکل ۴-۷ اثر متقابل خشکی و محلول پاشی نانو اکسید آهن بر هدایت روزنه‌ای برگ

#### ۴-۱۴-رنگدانه‌های فتوسنتزی

##### ۴-۱۴-۱ کلروفیل a

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۴-۳) حاکی از آن است که تنش خشکی در سطح احتمال ۱ درصد بر محتوی کلروفیل a معنی‌دار است. در حالی که اثر نانو آهن و اثر متقابل تنش خشکی و نانو آهن بر این صفت اثر معنی‌داری نشان نداد. جدول مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۴-۴) نشان می‌دهد در تنش متوسط مقدار کلروفیل a با ۵/۷۱ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت در حالی که در

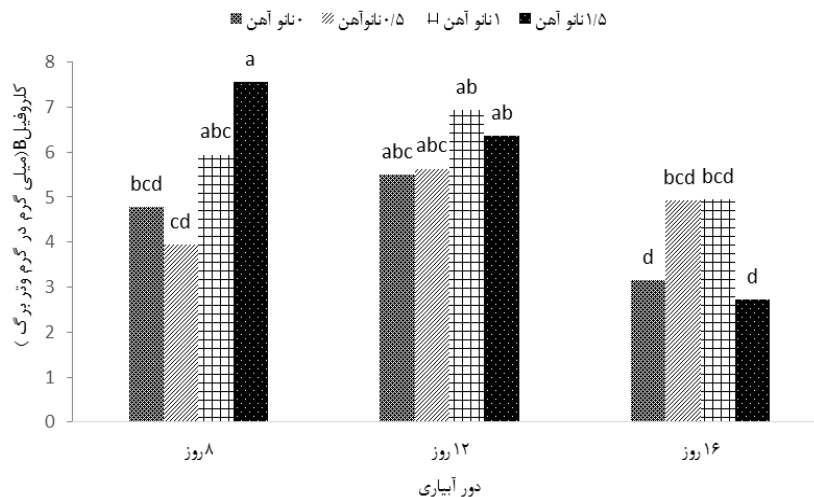
تنش شدید کاهش قابل ملاحظه‌ای نشان داد که نسبت به شاهد ۲۵/۷۹ درصد کاهش داشت. میزان کلروفیل با تنش رابطه عکس دارد در واقع هر چه بر شدت تنش افزوده شود به همان نسبت سبب کاهش کلروفیل و کلروفیل a در گیاه می‌گردد. به نظر می‌رسد کاهش غلظت کلروفیل در شرایط تنش، به واسطه افزایش فعالیت آنزیم کلروفیل‌لاز و در نتیجه تجزیه کلروفیل است (موسی و عبدالعزیز، ۲۰۰۸). سانتوز (۲۰۰۴) گزارش کرد که در روزهای اولیه پس از تنش، فعالیت آنزیم کلروفیل‌لاز که سبب تجزیه کلروفیل می‌شود، افزایش می‌یابد ولی با گذشت زمان، کاهش ساخت کلروفیل، دلیل اصلی کاهش میزان کلروفیل است. در واقع خشک شدن بافت‌های برگ نه تنها مانع ساخته شدن کلروفیل می‌شود، بلکه به نظر می‌رسد که تخریب کلروفیل موجود را هم سبب شود. خشکی باعث شکسته شدن کلروپلاست و کاهش میزان کلروفیل می‌شود. در اثر تنش خشکی تشکیل پلاستیدهای جدید، کلروفیل a، کلروفیل b، و کاروتن کاهش یافته و نسبت کلروفیل a به کلروفیل b تغییر می‌یابد (حیدری شریف آباد، ۱۳۷۹). نتایج بررسی گیاه کنجد، بیانگر کاهش محتوای کلروفیل در اثر تنش شدید خشکی (۱۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A) بود (مهرابی، ۲۰۰۷). که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. همچنین کاهش کلروفیل تحت تنش خشکی اساساً به علت خسارت کلروفیل در نتیجه رادیکال‌های آزاد است (مفاخری، ۲۰۱۰). بنابراین غلظت کلروفیل به عنوان یک شاخص برای ارزیابی قدرت منبع شناخته شده می‌شود، زیرا غلظت کلروفیل برگ یکی از عوامل کلیدی در تعیین سرعت فتوسنتز و تولید ماده خشک می‌باشد (قوش و همکاران، ۲۰۰۴).

#### ۴-۱۴-۲ کلروفیل b

مطابق نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴-۳) تنش خشکی بر محتوای کلروفیل b در سطح احتمال ۱ درصد اثر معنی دار نشان داد. همچنین اثر متقابل تنش خشکی و محلول‌پاشی نانو آهن نیز بر این صفت در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار شد.

همان‌طور که در شکل ۴-۶ مشاهده می‌شود با افزایش تنش خشکی از میزان کلروفیل b کاسته شد. در این بین با افزایش غلظت محلول‌پاشی نانو آهن بر میزان کلروفیل b افزوده شد.

در این آزمایش کمترین میزان کلروفیل  $b$  در تنش خشکی شدید و محلول پاشی  $1/5$  گرم بر لیتر نانو آهن مشاهده شد. بیشترین کلروفیل  $b$  نیز در حداکثر محلول پاشی (غلظت  $1/5$  گرم بر لیتر) و در شرایط عدم تنش حاصل شد. با توجه به نتایج ذکر شده چنین استنباط می‌شود ذرات نانو آهن با توجه به خصوصیتی که دارند می‌توانند از طریق افزایش میزان کلروفیل و به دنبال آن فتوسنتز نقش مهمی در افزایش عملکرد گیاه ایفا کنند. به نظر می‌رسد که این افزایش می‌تواند ناشی از نقش عملکردی آهن در فعال‌سازی پروتئین سنتتازهای مسیر بیوسنتز کلروفیل و برخی از آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان مانند آسکوربات پراکسیداز در مسیر حفاظ از تخریب کلروفیل توسط رادیکال‌های فعال اکسیژن باشد (زاید و همکاران، ۲۰۱۱). با مصرف عناصر ریزمغذی آهن فعالیت فتوسنتزی گیاه افزایش یافته و باعث توسعه پوشش گیاهی و افزایش شاخ و برگ می‌شود (کوچکی و بنیان، ۱۹۹۴). بنابراین با وجود این‌که آهن در ساختار کلروفیل شرکت ندارد ولی کمبود آن سبب کاهش میزان کلروفیل شده و نهایتاً رنگ سبز برگ‌ها به زردی متمایل می‌شود، که این پدیده کلروز نامیده می‌شود (میر محمدی و همکاران، ۱۳۸۱). در آزمایشی بر روی گیاه سویا نشان داد زیادی و کمبود آهن تأثیر قابل توجهی بر مقدار کلروفیل داشته است که در نهایت سبب جلوگیری از فتوسنتز و رشد گیاه گردید (گوس و همکاران، ۲۰۰۴). لیو و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که نانو اکسید آهن فرم  $(Fe_2O_3)$  سبب بهبود رشد و فتوسنتز بادام زمینی شد. گزارش ملکوتی (۱۳۷۹) حاکی از آن است که کمبود آهن به سازو کار تولید کلروفیل آسیب می‌رساند، زیرا معلوم شده است که مقدار کلروفیل گیاهان به در دسترس بودن مداوم آهن بستگی دارد و می‌تواند به عنوان یک عامل کمکی برای فعال کردن آنزیم نیترات ریداکتاز به کار رود. آهن، بخشی از گروه کاتالیزوری بسیاری از آنزیم‌های اکسیداسیون و احیا است و برای سنتز کلروفیل مورد نیاز می‌باشد (کمرکی و گلوی، ۱۳۹۱).

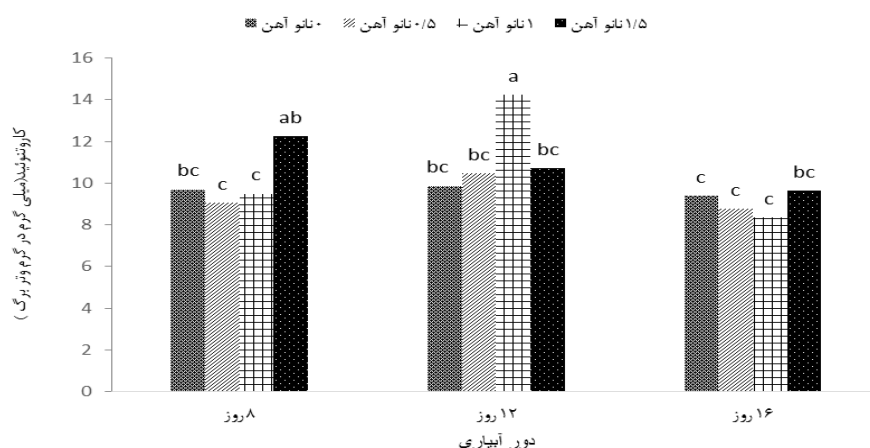


شکل ۴-۸ اثر متقابل خشکی و محلول پاشی نانو اکسید آهن بر غلظت کلروفیل b گیاه

#### ۴-۱۴-۳- کاروتنوئید

همان طور که در جدول تجزیه واریانس (جدول ۴-۳) مشاهده می‌گردد، همه منابع تغییر موجود به جز محلول پاشی نانو آهن بر کاروتنوئید گیاه کنگد معنی‌دار شد. که تنش خشکی در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل تنش خشکی و محلول پاشی نانو آهن در سطح ۵ درصد اثر معنی‌داری نشان داد.

همانطور که در شکل ۴-۷ مشاهده می‌شود با افزایش محلول پاشی نانو آهن در شرایط تنش و با افزایش سطح تنش بر میزان محتوای کاروتنوئید برگ افزوده شد. بیش‌ترین میزان کاروتنوئید با محلول پاشی ۱ گرم در لیتر و در شرایط تنش متوسط حاصل شد. با توجه به تأثیر عنصر آهن در رشد و نمو گیاه، می‌توان یکی از دلایل افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه را نقش این عنصر در فعالیت ساختمان کلروپلاست دانست که سبب افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی می‌گردد (اوانس، ۱۹۹۶). در آزمایشی محمدزاده و همکاران (۱۳۹۰) بیشترین مقدار کلروفیل a، کلروفیل کل، کاروتنوئید و زانتوفیل در تیمار ۹ کیلوگرم در هکتار محلول پاشی نانو کود کلات آهن در دو مرحله قبل از گلدهی + شروع غلاف دهی در لوبیا چیتی مشاهده گردید. کمبود آهن باعث می‌شود که کلروفیل در مقادیر کافی تولید نشود. کاهش کلروفیل منجر به کاهش فتوسنتز و کاهش تولید فتوسنتتات‌های مورد نیاز برای رشد و نمو گیاه مثل کاهش رشد برگ می‌شود (محمدی پور و همکاران، ۲۰۱۳).

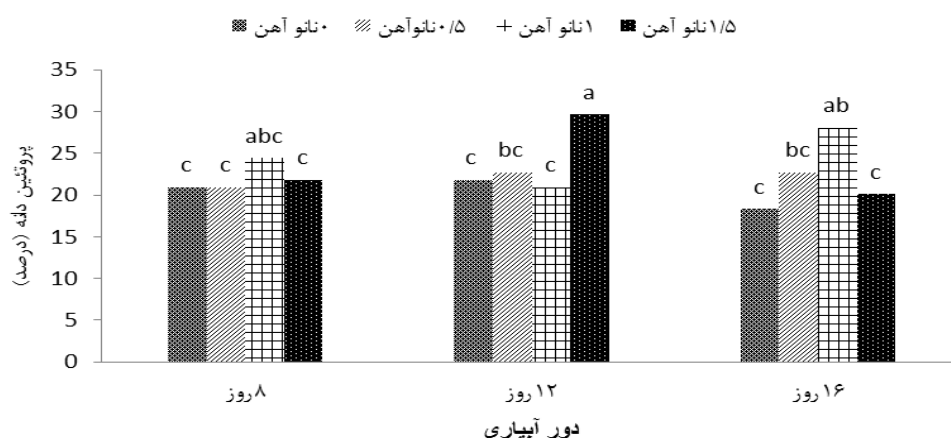


شکل ۴-۹ اثر متقابل خشکی و محلول پاشی نانو اکسید آهن بر محتوای کاروتنوئید گیاه

#### ۴-۱۵- پروتئین دانه

از بین تیمارهای آزمایش، فقط اثر متقابل تنش خشکی و نانو آهن در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار شد و اثر اصلی نانو آهن و تنش خشکی بر پروتئین دانه معنی دار نبود (جدول ۴-۵). با توجه مقایسه میانگین داده‌ها جدول ۴-۶ اگرچه تنش خشکی بر پروتئین دانه تفاوت معنی داری نشان نداد ولی با افزایش تنش به مقدار جزئی سبب افزایش پروتئین دانه شد که این افزایش در تنش متوسط بیشترین مقدار را نشان داد. راجندارا و همکاران (۱۹۹۱) در مورد گیاه ارزن و گنادی و همکاران (۲۰۰۲) در مورد غلات و گندم گزارش کرده بودند که تنش خشکی، سبب افزایش پروتئین شده است. می‌توان گفت که افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت تحت تنش کمبود آب، احتمالاً مانع از تجزیه پروتئین‌های گیاهی در تنش خشکی شده است. نانو آهن بر میزان پروتئین دانه اثر مثبتی نشان داد و به طور کلی سبب بهبود این صفت گردید، و حداکثر پروتئین دانه در سطح ۱ گرم در لیتر نانو آهن مشاهده شد و نسبت به شاهد ۲۵/۷۱ درصد افزایش نشان داد (جدول ۴-۶). شکل ۴-۹ نشان می‌دهد با افزایش محلول پاشی نانو اکسید آهن در شرایط تنش خشکی و با افزایش تنش، میزان پروتئین دانه افزوده شد به طوری که بیشترین میزان درصد پروتئین در تنش ملایم با محلول پاشی ۱/۵ گرم بر لیتر نانو آهن به میزان ۳۵/۹۷ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت و کمترین میزان درصد پروتئین در شرایط تنش شدید و عدم محلول پاشی نانو آهن بدست آمد. پس می‌توان چنین

استنباط کرد که نانو آهن و به طور کلی عناصر ریز مغذی از فاکتورهای مؤثر بر پروتئین دانه هستند در همین راستا بیگی و همکاران (۱۳۸۹) بیان کردند که با افزایش محلول پاشی کود آهن، عملکرد دانه و پروتئین دانه گیاه سویا به طوری معنی‌داری افزایش داشت. از آنجایی که عنصر آهن، یکی از مهم‌ترین عناصری است که در متابولیسم نیتروژن و در نتیجه افزایش سطح برگ گیاه نقش دارد (تیواری و همکاران، ۲۰۰۵). پس می‌توان انتظار داشت که با اعمال تیمار آهن در گیاهانی که علائم کمبود این عنصر را نشان می‌دهند، پروتئین سازی افزایش یابد. نتایج بدست آمده از تحقیقات مختلف نشان می‌دهد عناصر غذایی از فاکتورهای مؤثر بر پروتئین دانه هستند به طوری که با بررسی اثر محلول پاشی عناصر کم مصرف منگنز، آهن، مولیبدن و منیزیم بر روی گیاه بادام زمینی مشاهده شد که آهن باعث افزایش مقدار پروتئین گردید (رودنی، ۲۰۰۰). اثر آهن در پروتئین دانه به این دلیل است که آهن در فرآیندهای اکسیداسیون و احیا با تغییر ظرفیت سبب انتقال الکترون می‌شود. وجود آهن در سنتز پروتئین لازم است و از آنجایی که نقش عمده آهن سنتز پروتئین‌ها همراه کلروفیل است کمبود آن سبب از کار افتادن کلروفیل می‌شود (رودونی، ۲۰۰۰).



شکل ۴-۱۰ اثر متقابل خشکی و محلول پاشی نانو اکسید آهن بر درصد پروتئین دانه



#### ۴-۱۶- روغن دانه

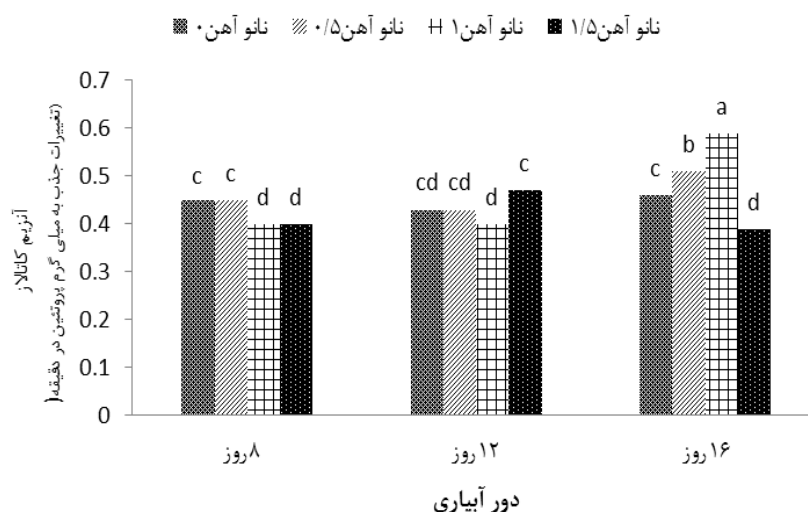
بررسی داده‌ها نشان داد که اثر اصلی تنش خشکی و اثر متقابل تنش خشکی × نانو اکسید آهن تأثیر معنی‌داری بر روغن دانه نداشت. در این بین تنها اثر اصلی نانو آهن در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۴-۵). با توجه به جدول مقایسه میانگین داده‌ها اگرچه تنش خشکی از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری نشان نداد ولی با افزایش شدت تنش خشکی روند نزولی در میزان درصد روغن دانه مشاهده شد. که این نتایج با گزارشات ایزانلو و همکاران (۱۳۸۱) و دانشیان و همکاران (۱۳۸۱) و هیساو (۱۹۷۳) مطابقت دارد. اکثر پژوهشگران وجود همبستگی منفی بین درصد روغن و پروتئین دانه را گزارش نموده‌اند (لارنس و جیبونس (۱۹۷۶)؛ حافظ و همکاران (۱۹۸۳)؛ جانسون و همکاران (۲۰۰۲). پس به عبارت دیگر هزینه‌هایی که گیاه در برخورد با شرایط تنش خواهد داشت مانند تنظیم اسمزی و افزایش تخصیص مواد فتوسنتزی به ریشه از یک طرف و نیز کاهش فتوسنتز از سوی دیگر موجب کاهش انرژی لازم برای ساخت موادی مانند روغن که نیاز به انرژی بیشتری دارد می‌شود و لذا باعث کاهش درصد روغن نیز می‌شود. برخی محققین علت معنی‌دار نشدن تغییرات درصد روغن در شرایط تنش خشکی را وراثت پذیری بالای این صفت و تأثیر پذیری کمتر این صفت نسبت به شرایط محیطی بیان کرده‌اند (دهشیری و همکاران، ۱۳۸۰). همان طور که در مقایسه میانگین داده‌ها ملاحظه می‌شود (جدول ۴-۶) با افزایش محلول‌پاشی نانو آهن به استثنای غلظت ۵/۰ گرم در لیتر نانو آهن بر میزان روغن دانه افزوده گردید. بسیاری از محققین گزارش کردند که عناصر ریز مغذی به دلیل اینکه نیاز گیاهان را تأمین می‌کنند، این عناصر می‌توانند روغن دانه را افزایش دهند (یاری و همکاران، ۲۰۰۴؛ موحدی‌دهنوی و همکاران، ۲۰۰۹؛ راوی و همکاران، ۲۰۰۸). همچنین فعالیت بالا آنزیمی عناصر ریز مغذی عامل مؤثر افزایش فتوسنتز و تنفس آسمیلات‌های دانه است (حیدری و همکاران، ۲۰۱۱). کیخا و همکاران (۱۳۸۴) نشان دادند مصرف ۵ در هزار سولفات آهن منجر به بیشترین مقدار عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد روغن دانه در ارقام بهاره کلزا می‌گردد.

#### ۴-۱۷-فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان

##### ۴-۱۷-۱ آنزیم کاتالاز (CAT)

نتایج بدست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها جدول ۴-۵ حاکی از آن است که اثرات اصلی تنش خشکی و محلول‌پاشی نانو آهن و اثر متقابل تنش خشکی × نانو آهن در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شد (جدول ۴-۵). اثر متقابل نانو آهن و تنش خشکی نشان می‌دهد به طور کلی با افزایش تنش خشکی و نانو آهن فعالیت آنزیم کاتالاز افزایش می‌یابد و در بالاترین غلظت نانو آهن در تنش شدید کاهش قابل ملاحظه‌ای از این آنزیم مشهود می‌باشد. بیش‌ترین میزان فعالیت آنزیم کاتالاز در شرایط تنش شدید و محلول‌پاشی نانو آهن در سطح ۱ گرم بر لیتر حاصل شد که نسبت به تیمار شاهد از افزایشی معادل ۴۷/۵ درصد برخوردار بود. سطوح بالاتر نانو آهن سبب کاهش میزان فعالیت آنزیم کاتالاز گردید. (شکل ۴-۸). پس می‌توان چنین بیان کرد که کمبود آهن در گیاهان نه تنها موجب کلروز می‌شود، بلکه فعالیت آنزیم‌های مشخصی مانند کاتالاز و پراکسیداز را نیز کاهش می‌دهد. زیرا این آنزیم‌ها دارای آهن پوروفین هستند و به عنوان گروه‌های پروستتیک، نقش ویژه‌ای را در متابولیسم گیاهی ایفا می‌کنند (بنیستر و همکاران، ۱۹۸۷). آنزیم کاتالاز یکی از آنزیم‌های کلیدی در تجزیه  $H_2O_2$  است (کوک و همکاران، ۲۰۰۴). کمبود آب در گیاه مقادیر اشکال اکسیژن فعال (ROS) از قبیل آنیون سوپر اکسید ( $O_2^-$ ) پراکسید هیدروژن ( $H_2O_2$ )، رادیکال هیدروکسیل ( $HO$ ) و اکسیژن منفرد ( $O_2$ ) می‌شود. این مولکول‌های فعال موجب صدمه به ماکرومولکول‌ها و نیز ساختار سلولی گردیده یا این‌که به عنوان مولکول منفرد موجب فعال شدن سلسله پاسخ‌های دفاعی گیاه می‌گردند. گیاهان از دو سیستم آنزیمی و غیر آنزیمی برای دفاع در مقابل گونه‌های اکسیژن فعال استفاده می‌نمایند. سیستم‌های آنزیمی شامل آنزیم‌های نظیر سوپراکسید دسموتاز، گایاکول پراکسیداز، کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز می‌باشد (آریانو و همکاران، ۲۰۰۵). در سیستم غیر آنزیمی، آنتی‌اکسیدانت‌هایی مانند ویتامین E، اسید آسکوربیک و ویتامین A خط دفاعی بعدی را در مقابل حمله انواع رادیکال‌های اکسیژن فعال تشکیل می‌دهند (بیابر و همکاران، ۲۰۰۴). نتایج نشان می‌دهد فعالیت

آنزیم کاتالاز با عملکرد رابطه عکس وجود دارد و رابطه مثبتی بین آن‌ها ایجاد نشده است. این موضوع نشان دهنده این مطلب است که گیاهان در مواجهه با تنش‌ها محیطی بخصوص خشکی با تولید متابولیت‌هایی نظیر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت با خشکی مقابله می‌نماید. هزینه این مبارزه کاهش عملکرد خواهد بود. کندل (۱۹۸۹)، کافی و مهدوی دامغانی (۱۳۷۹) گزارش کردند که افزایش فعالیت کاتالاز جهت کاهش اثرات پراکسیداز در هنگام تنش‌های محیطی در گیاهان گندم، جو، سویا و نخود نقش مهمی دارد. پس می‌توان با تعیین سطح فعالیت‌های این آنزیم جهت تعیین گونه‌های مقاوم به خشکی در گیاهان مختلف استفاده نمود. ویرسما (۲۰۰۵) اظهار داشت که مصرف کافی آهن می‌تواند به طور مؤثری کلروز را کاهش و سبب افزایش عملکرد و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در سویا می‌شود. نتایج حاصل از مطالعه انجام شده روی گیاه *Ocimum basilicum* که در معرض غلظت‌های مختلفی از کود کلات آهن (۱/۵، ۴/۵ و ۷/۵ کیلوگرم در هکتار) و نانو کود کلات آهن (۱، ۳، ۵ کیلوگرم در هکتار) قرار گرفت نشان داد که فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان از جمله کاتالاز و پراکسیداز در گیاهانی که تحت تیمار نانو کود آهن قرار گرفتند در مقایسه با شاهد و گیاهان تحت تیمار غلظت‌های مختلف کود آهن کاهش معنی‌داری نشان داد (پیوندی و همکاران، ۲۰۱۱b). بررسی‌ها نشان داد که بین گروه‌های شاهد کاهش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی از جمله پراکسیداز، سوپر اکسید دیسموتاز و کاتالاز شد و در تیمارهای نانوکود کلات آهن و کلات آهن اعمال شده افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان نسبت به شاهد مشاهده شد. اما با افزایش غلظت کود آهن و نانو آهن از میزان فعالیت آنزیم‌ها کاسته شد (پیوندی و همکاران، ۲۰۱۱a).



شکل ۴-۱۱ اثر متقابل خشکی و محلول پاشی نانو اکسید آهن بر فعالیت آنزیم کاتالاز

#### ۴-۱۷-۳ فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز (GPX)

نتایج حاصل از فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز حاکی از آن است که اثر تنش خشکی و اثر متقابل تنش خشکی و نانو آهن بر این صفت معنی دار نشد و تنها اثر اصلی محلول پاشی نانو آهن بر فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز در سطح احتمال ۱ درصد اثر معنی داری نشان داد (جدول ۴-۵). از جدول مقایسه میانگین چنین استنباط می شود اگرچه تنش خشکی بر میزان فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز معنی دار نشد اما تنش خشکی تا حدی سبب افزایش فعالیت این آنزیم آنتی اکسیدانی گردید. نتایج پژوهش های مختلف حاکی از آن است که تنش خشکی با بر هم زدن شرایط مطلوب، سبب بروز اختلالات متابولیسمی در سلول های گیاهی می گردند که یکی از عوامل اصلی این اختلالات افزایش تولید انواع اکسیژن فعال یا (ROS) می باشد. احیای ناقص اکسیژن اتمسفری، سبب تشکیل رادیکال های سوپر اکسید، پراکسید هیدروژن و هیدروکسیل می شود (نیکاور و همکاران، ۲۰۰۶). یکی از روش های از بین رفتن  $H_2O_2$  توسط پراکسیدازهاست. این آنزیم ها که در سرتاسر سلول یافت می شوند، میل ترکیبی بیشتری با  $H_2O_2$  نسبت به کاتالاز دارند. بر این اساس، تغییر فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز یک مکانیسم حمایتی جهت انهدام مؤثر سوپر اکسیدها و هیدروژن پراکسیدها

محسوب می‌شود. محلول‌پاشی نانو آهن در این آزمایش سبب افزایش فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز گردید. بیش‌ترین میزان فعالیت این آنزیم در غلظت ۱ گرم در لیتر نانو آهن و با ۳۲ درصد افزایش نسبت به شاهد حاصل شد. کم‌ترین میزان فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز در بالاترین سطح نانو آهن (۱/۵ گرم در لیتر) که نسبت به بالاترین سطح میزان فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز ۵۴/۵۴ درصد کاهش نشان داد. از آنجایی که یکی از اثرات تنش آب، تغییر در میزان در دسترس بودن عناصر غذایی و جذب و انتقال آن‌ها در گیاه است با روند افزایش تنش بر صفات فیزیولوژیکی اثر دارد (اسکولز، ۱۹۹۱). آنزیم‌های کاتالاز، گایاکول پراکسیداز و آسکورات پراکسیداز از مهم‌ترین آنزیم‌های خنثی‌کننده پراکسید هیدروژن در گیاهان هستند. زیرا آن‌ها حاوی آهن بوده و فعالیت آن‌ها احتمالاً تحت تأثیر کمبود آهن قرار می‌گیرد (شیگوکا و همکاران، ۲۰۰۲). در مطالعه‌ای گزارش شد که فعالیت آنزیم‌های آسکورات پراکسیداز، کاتالاز و پراکسیداز، در شرایط کمبود آهن کاهش می‌یابد (سان و همکاران، ۲۰۰۷).

#### ۴-۱۸- عناصر معدنی دانه

##### ۴-۱۸-۱- محتوای پتاسیم دانه

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۴-۵) نشان داد تنش خشکی و محلول‌پاشی نانو آهن بر محتوای پتاسیم دانه کنگد در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شد. این در حالی است که اثر متقابل تنش خشکی × نانو آهن تأثیر معنی داری بر آن نداشت. جدول مقایسه میانگین داده‌ها بیانگر آن است که با افزایش تنش خشکی از محتوای پتاسیم دانه کاسته شد این کاهش معادل ۳۲/۸۶ درصد نسبت به تیمار شاهد بود. کاهش میزان پتاسیم در گیاه‌های تحت تنش خشکی از جمله گیاه کلزا توسط محققانی از جمله گلاناسکرا و همکاران (۲۰۰۳) گزارش شده است. می‌توان چنین استنباط کرد که پتاسیم یکی از عناصر مهم در متابولیسم گیاه می‌باشد، این عنصر چندین آنزیم را که در سوخت و ساز کربوهیدرات‌ها مشارکت دارند افزایش می‌دهد. کاهش پتاسیم بر روی فعالیت فتوسنتز نیز تأثیر گذار است، باز و بسته شدن روزنه‌ها نقش مهمی در تنظیم اسمزی گیاه تحت شرایط خشکی دارد و

همچنین پتاسیم در مکانیسم کنترل روزنه نقش دارد. در این تحقیق با افزایش تنش خشکی بر میزان کلروفیل و پتاسیم و به تبع آن عملکرد دانه و هدایت روزنه‌ای کاهش یافت، که مطالعه انجام گرفته روی گیاه کلزا نشان داد که تنش خشکی در کلزا، با کاهش پتاسیم جذب شده توسط گیاه، علامت کمبود نشان داده، با توجه به نقش K در تنظیم کارایی استفاده از آب، از طریق سازو کارهای مختلف، از جمله تنظیم مطلوب باز و بسته شدن روزنه‌ها، باعث کاهش میزان بازده مصرف آب و فتوسنتز و محتوی نسبی آب برگ می‌گردد (یوسف و همکاران، ۱۹۹۳). نتایج متعددی در خصوص نقش پتاسیم در تنظیم اسمزی و تحمل گیاهان به خشکی گزارش شده است. از جمله می‌توان به یافته‌های (کیدامبی و همکاران، ۱۹۹۰)؛ (شابالا و همکاران، ۲۰۰۰)؛ کاکمک (۲۰۰۵)؛ (آخوندی و همکاران، ۲۰۰۶)؛ (باقری و همکاران، ۲۰۱۰) و تراهمی و همکاران، (۲۰۱۱) اشاره نمود که با نتایج یافته‌های این تحقیق مطابقت و همسویی دارند. از جدول مقایسه میانگین ملاحظه می‌شود که با افزایش سطح محلول پاشی نانو اکسید آهن میزان پتاسیم دانه کاهش یافت. بیش‌ترین میزان پتاسیم مربوط به شرایط عدم محلول‌پاشی آهن و کمترین مقدار آن در غلظت ۱ گرم بر لیتر نانو آهن حاصل شد. این روند کاهش در غلظت ۱ گرم بر لیتر نانو آهن مشهودتر از بقیه غلظت‌ها بود. گزارشات حاکی از آن است که آهن سبب کاهش پتاسیم دانه می‌شود. بای بوردی و همکاران، (۲۰۱۰) گزارش کردند که سطح پتاسیم کلزا در سطوح بالای آهن کاهش یافت. صالح (۲۰۰۸) بیان کرد که بالاترین سطح پتاسیم در لیمو ترش با محلول‌پاشی سولفات آهن در سطح ۵ در ۱۰۰۰ لیتر آب بدست آمد.

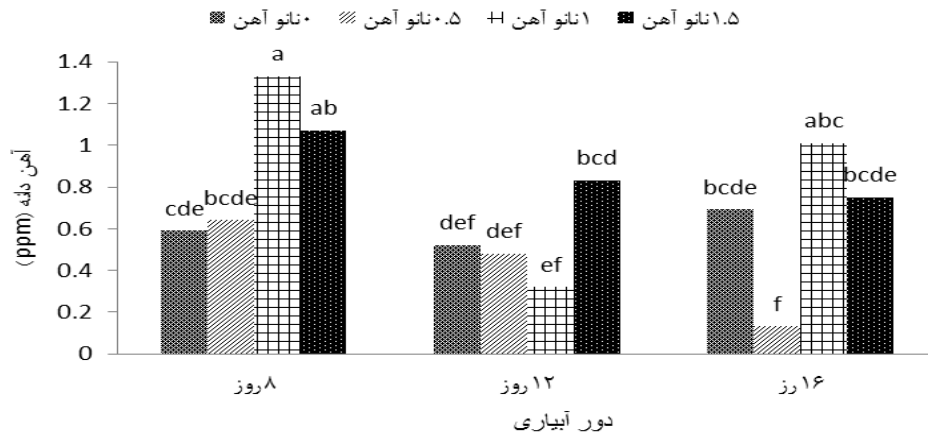
#### ۴-۱۸-۲-محتوی فسفر دانه

داده‌های بدست آمده از جدول تجزیه واریانس (جدول ۴-۵) نشان داد هیچ کدام از تیمارهای مورد مطالعه بر روی محتوای فسفر دانه تاثیر معنی داری نداشت.

#### ۴-۱۸-۳- آهن دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۴-۵) نشان می‌دهد اعمال تنش خشکی و محلول پاشی نانو اکسید آهن و اثر متقابل نانو اکسید آهن × تنش خشکی در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شد.

نتایج مقایسه میانگین چند دامنه‌ای دانکن در جدول ۴-۶ نشان می‌دهد با افزایش تنش خشکی از a۱ به a۳ مقدار آهن دانه به میزان قابل توجهی کاهش پیدا کرد در حالی که محلول پاشی نانو آهن بر میزان آهن دانه اثر مثبتی نشان داد، بیش‌ترین میزان آهن دانه مربوط به تیمار محلول پاشی نانو آهن است و بین تیمارهای (صفر با ۰/۵ گرم بر لیتر و ۱ با ۱/۵ میلی گرم بر لیتر نانو آهن از لحاظ آماری اختلاف مشاهده نشد). با توجه به شکل ۴-۱۱ با افزایش محلول پاشی نانو اکسید آهن و کاهش تنش خشکی بر میزان آهن دانه افزوده شد. بیش‌ترین میزان آهن دانه با محلول پاشی ۱ گرم بر لیتر و در شرایط عدم تنش خشکی فراهم شد و کمترین میزان آهن دانه با محلول پاشی ۰/۵ گرم بر لیتر نانو اکسید آهن در شرایط تنش خشکی شدید بدست آمد. وطنی و همکاران (۲۰۱۲) گزارش کردند که کاربرد نانو کودهای کلات آهن در گیاه اسفناج اثرات مثبتی بر تجمع آهن داشت. زیدان و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که محلول پاشی گندم با کود آهن باعث افزایش معنی دار مقدار آهن دانه گندم گردید. مورت و همکاران (۱۹۷۲) به این نتیجه رسیدند که کلیه محصولات زراعی، محلول پاشی آهن روش مؤثرتری برای جبران کمبود آهن بوده و قابل قبول‌تر از مصرف خاکی آن می‌باشد. با توجه به نتایج فوق می‌توان گفت جهت رفع کمبود آهن در منابع غذایی، از کودهای ریز مغذی به ویژه به صورت نانو که سبب جذب بهتر در دانه گیاهان می‌شود، استفاده گردد. در مطالعه‌ای روی تأثیر محلول پاشی نانو ذره آهن و منیزیم بر روی گیاه چشم بلبلی گزارش شد، محلول پاشی نانو آهن در هر دو غلظت ۰/۵ و ۰/۲۵ گرم بر لیتر، آهن برگ افزایش یافت به طوری که آهن موجود در اندام هوایی لوبیا چشم بلبلی فقط با نانو اکسید ۰/۲۵ گرم در لیتر محلول پاشی شدند، ۲ برابر شاهد بود (دلفانی، ۱۳۹۰). پهلوان راد و همکاران (۱۳۸۷) در بررسی اثر کاربرد روی، آهن و منگنز بر عملکرد و اجزای عملکرد، غلظت و جذب عناصر غذایی در گندم نشان دادند که غلظت آهن دانه به میزان ۲۱ درصد با محلول پاشی آهن، افزایش یافت. همچنین در مطالعه‌ای دیگر اثر مثبت نانو آهن بر غلظت آهن دانه در گیاه سویا توسط شیخ بگلو و همکاران (۲۰۱۰) گزارش شد که محلول پاشی نانو اکسید آهن سبب افزایش بیش‌تر آهن دانه، نسبت به استفاده از آهن معمولی شد.



شکل ۴-۱۲ اثر متقابل خشکی و محلول پاشی نانو اکسید آهن بر میزان غلظت آهن دانه



فصل پنجم:

تشی گسرمی و

## ۵-۱- نتیجه گیری

نتایج بدست آمده در این تحقیق نشان داد تنش خشکی و محلول پاشی نانو آهن بر روی برخی خصوصیات کمی و کیفی کنگد بسیار موثر بوده و آن ها را بسیار تغییر می دهد اعمال تنش دور آبیاری متفاوت و محلول پاشی نانو آهن تاثیر متفاوتی بر فرآیندهای فیزیولوژیک گیاه می گذارد. در این بین تنش شدید و محلول پاشی ۱ گرم بر لیتر نانو آهن بیشترین تأثیر را در کاهش عملکرد دانه نشان داد و اعمال تنش ۸ روز کمترین تأثیر را بر خصوصیات کمی گیاه گذاشت، این نتایج نشان می دهد افزایش دور آبیاری سبب تغییرات شدید و تاثیرات منفی بر گیاه کنگد می شود. نتایج بدست آمده از این تحقیق نشان می دهد در بین غلظت های مختلف نانو آهن استفاده از بالاترین غلظت در شرایط عدم تنش بیشترین اثر مثبت را در خصوصیات کمی و کیفی کنگد دارد که این به دلیل اثر مثبت آهن و جذب بهتر ذرات نانو می باشد. به طوری که این شرایط بر صفات محتوای نسبی آب برگ، هدایت روزنه ای، کلروفیل b و برخی صفات مورفولوژیکی مشاهده می شود. به وسیله محلول پاشی گیاه، عناصر غذایی در مراحل تنش و زمانی که نیاز بیشتری به رطوبت دارد در اختیار گیاه قرار می گیرد. همچنین نتایج حاکی از آن است که پروتئین دانه در غلظت ۱ گرم نانو آهن و تنش ملایم بیشترین میزان را به خود اختصاص داد که این نشان دهنده نقش عمده آهن در سنتز پروتئین ها به همراه کلروفیل است و کمبود آن سبب کاهش کلروفیل در گیاه می شود. همچنین در محلول پاشی نانو آهن در غلظت ۱ گرم در شرایط تنش شدید بیشترین آنزیم کاتالاز و ۱ گرم نانو آهن به همراه تنش ملایم بیشترین کاروتنوئید مشاهده شد. با توجه به این تحقیق و اثرات تنش در تولید اسید آمینه پرولین برای ایجاد مقاومت در برابر تنش خشکی بیشترین میزان پرولین در تنش شدید و کمترین میزان آن در غلظت ۱/۵ میلی گرم بر لیتر نانو آهن مشاهده شد.

## ۵-۲- پیشنهادات

۱- برای حصول اطمینان از نتایج بدست آمده در این تحقیق توصیه می شود این آزمایش در چند مکان دیگر و طی دو سال اجرا گردد.

- ۱- با توجه به اینکه عناصر غذایی مورد نیاز گیاه به منطقه و شرایط محیطی قرار دارد. لذا استفاده از کودهای آهن در شرایط متفاوت اقلیمی جهت عملکرد دانه و پروتئین دانه توصیه می‌شود.
- ۲- از آنجایی که خاک محل آزمایش دارای pH بالا بود (pH=۷/۶) اصولاً انتظار می‌رود کمبود عناصر غذایی خصوصاً عناصر کم مصرف وجود داشته باشد. در این حالت عناصر کم مصرف از جمله آهن رسوب نموده پس پیشنهاد می‌شود با نتایج آزمون خاک، بهتر است استفاده از کود آهن، به صورت محلول پاشی نانو ذرات برای کاشت گیاهان مختلف در این منطقه انجام شود.
- ۳- پیشنهاد می‌شود نانو ذرات اکسید آهن در غلظت‌های دیگری مورد آزمایش قرار گیرند.
- ۴- با توجه به اینکه گیاهان مختلف به مواد ریز مغذی واکنش متفاوتی نشان می‌دهند توصیه می‌شود این آزمایش روی گیاهان دیگر نیز انجام شود.
- ۵- ذرات نانو به دلیل جذب بهتر در گیاهان و سرعت جذب بالاتر آنها پیشنهاد می‌شود از ذرات نانو دیگر در شرایط متفاوت به ویژه در شرایط تنش خشکی بر روی گیاه کنجد بررسی شود.

یوستا

جدول ۴-۱ نتایج تجزیه واریانس تیمارهای مورد مطالعه بر تعداد دانه در کپسول، ارتفاع، تعداد شاخه جانبی، تعداد کپسول در بوته، ارتفاع اولین کپسول از زمین، وزن هزار دانه،

عملکرد اقتصادی، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت

منابع تغییرات	درجه آزادی	تعداد دانه در کپسول	ارتفاع	تعداد شاخه فرعی	تعداد کپسول در بوته	ارتفاع اولین کپسول از زمین سطح	وزن هزار دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت
تکرار	۲	۲/۷۷	۲/۰۹	۰/۴۷	۴۵۰/۴۴	۱۲/۹۱	۰/۰۴۸	۱۵۶۷۶/۱۲	۱۶۸۴۵/۳۷	۱/۳۶
تنش خشکی (a)	۲	۲۹۹/۶۴**	۲۵۶/۵۹**	۵/۰۲*	۴۹/۲۱	۵۱/۱۵	۰/۲۹۴*	۹۹۲۲۶/۴۰**	۱۰۲۵۲۵/۷۰**	۵۴/۶۹
خطای	۴	۴۵/۲۱	۳۹۱/۳۷	۱/۷۴	۳۵۰/۵۷	۱۱۶/۸۹	۰/۱۹۵	۴۷۶۴/۰۵	۱۳۵۵۵/۵۶	۱۰۰/۶۹
محلول پاشی (b)	۳	۲۸/۶۸	۳۲/۸۰	۵/۵۲**	۵۹۵/۳۵	۶/۲۲	۰/۱۸۸	۲۳۸۷۸۱/۹۵**	۱۹۹۰۵۲/۲۵**	۲۶۵/۶۷*
تنش x محلول پاشی	۶	۶۹/۰۰	۱۲۴/۹۲*	۱/۵۶	۳۱۰/۸۲	۱۸/۸۶	۰/۰۵۵	۱۶۸۶۸۸/۴۰**	۸۰۲۸۰/۹۰**	۱۱۰۵/۲۰**
خطای b	۱۸	۳۱/۱۷	۳۴/۸۶	۰/۸۹۵	۳۰۱/۷۰	۴۸/۵۱	۰/۰۷۹	۸۷۸۹/۳۲	۱۵۳۴۵/۷۹	۸۳/۱۷
ضریب تغییرات		۷/۸۸	۶/۵۵	۱۳/۷۲	۲۹/۴۱	۱۵/۳۶	۹/۸۶	۱۱/۰۱	۹/۸۴	۱۳/۴۶

\*\*و\* به ترتیب معنی داری در سطح ۱ و ۵ درصد

جدول ۴-۲ مقایسه میانگین تیمارهای مورد مطالعه بر تعداد دانه در کپسول، ارتفاع، تعداد شاخه جانبی، تعداد کپسول در بوته، ارتفاع اولین کپسول از زمین، وزن هزار دانه، عملکرد اقتصادی، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت

عامل آزمایشی	تعداد دانه در کپسول	ارتفاع (سانتی متر)	تعداد شاخه فرعی	تعداد کپسول در بوته	ارتفاع اولین کپسول از زمین (سانتی متر)	وزن هزار دانه (گرم)	دانه عملکرد (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیک (کیلو گرم در هکتار)	شاخص برداشت
تنش خشکی									
A1	۷۴/۳۹a	۹۵/۴۳ a	۷/۵۶ a	۶۱/۳۳ a	۴۷/۴۳ a	۴/۶۸a	۹۳۵/۷۸a	۱۳۶۴/۸۱a	۷۰/۲۱a
A2	۷۲/۹۳a	۸۶/۹۵b	۶/۸۵a	۵۷/۴۵ a	۴۳/۳۱ a	۳/۸۱b	۷۸۰/۴۳b	۱۲۰۰/۴۰b	۶۶/۴۸a
A3	۶۵/۱۰b	۸۸/۰۰ b	۶/۲۷ab	۵۸/۳۷ a	۴۵/۲۰ a	۳/۵۵b	۸۱۹/۴۷b	۱۲۰۹/۴۰b	۶۶/۵۴a
محلول پاشی									
B1	۷۰/۰۵۶ a	۸۹/۶۳ a	۶/۶۹ab	۵۶/۰۰a	۴۵/۰۸a	۳/۷۷a	۷۲۹/۲۹b	۱۱۱۲/۹۷b	۶۶/۲۴ab
B2	۷۲/۵۵a	۹۱/۵۲ a	۷/۳۳a	۵۶/۳۳ a	۴۵/۴۱ a	۴/۳۵a	۹۷۸/۲۴a	۱۳۵۶/۹۲a	۷۳/۲۹a
B3	۷۱/۹۷ a	۸۷/۶۳ a	۵/۸۸b	۵۲/۸۶a	۴۶/۳۸ a	۴/۱۸a	۶۹۲/۲۹b	۱۱۵۰/۲۶b	۶۰/۸۶b
B4	۶۸/۶۶a	۹۱/۷۲ a	۷/۶۶a	۷۱/۰۲a	۴۴/۳۸ a	۳/۷۷a	۱۰۰۴/۴۶a	۱۴۱۲/۶۷a	۷۰/۵۹a

جدول ۳-۴ تجزیه واریانس تیمارهای مورد مطالعه بررنگدانه‌های فتوسنتزی، تنظیم‌کننده‌های اسمزی، محتوی نسبی آب برگ و هدایت روزه‌ای

منابع تغییرات	درجه آزادی	کلروفیل a	کلروفیل b	کاروتنوئید	محتوی نسبی آب (RWC)	پرولین	کربوهیدرات محلول برگ	هدایت روزه ای
تکرار	۲	۵/۵۵	۱/۸۰	۲/۱۴	۲/۵۵	۱۱/۲۶	۱/۰۱	۴۶۳۵/۳۶
تنش (a)	۲	۸۳/۸۰**	۱۵/۲۸**	۱۵/۶۱**	۲۱۶۲/۸۳**	۸/۱۲	۱/۱۱	۹۰۶۶/۷۱
a خطای	۴	۱/۹۴	۱/۳۹	۳/۳۵	۰/۷۱	۶/۱۷	۱/۸۴	۱۵۸۳/۱۷
محلول پاشی (b)	۳	۲۶/۷۷	۳/۹۸	۴/۷۵	۲۲۸/۶۶**	۱۹/۸	۴/۸۰	۵۷۷۵۰/۶۸**
تنش × محلول پاشی	۶	۲۴/۱۹	۴/۳۸*	۷/۰۹*	۳۶/۱۸**	۴۳/۹۹*	۳/۲۰	۵۱۴۹۴/۱۷**
b خطای	۱۸	۱۰/۵۳	۱/۴۵	۱/۹۷	۱/۲۵	۱۵/۰۳۵	۲/۷۸	۳۰۳۲/۴۵
ضریب تغییرات		۲۲/۰۹	۲۳/۱۵	۱۳/۸۰	۱/۸۲	۲۲/۷۳	۸/۱۸	۱۳/۲۹

\*\*\*و\* به ترتیب معنی داری در سطح ۱ و ۵ درصد

جدول ۴-۴ جدول مقایسه میانگین تیمارهای مورد مطالعه بر رنگدانه‌های فتوسنتزی، تنظیم‌کننده‌های اسمزی، محتوی نسبی آب برگ و هدایت روزنه‌ای

هدایت روزنه ای ( $\mu\text{mol CO}_2/\text{m}^2\text{s}$ )	کربوهیدرات محلول برگ (میکروگرم گلوکز بر وزن تر)	پرولین (میکرومول /گرم وزن تر)	محتوی نسبی آب	کاروتنوئید	کلروفیل b	کلروفیل a	عامل آزمایشی
				(میلی گرم /گرم وزن تر)			
تنش خشکی							
۴۳۶/۰۰ a	۲۰/۶۹ a	۱۶/۹a	۷۳/۳۸ a	۱۰/۱۴ab	۵/۵۷ a	۱۵/۷۴a	A1
۴۲۳/۴۶ab	۲۰/۴۱ a	۱۶/۳۱a	۶۳/۷۵b	۱۱/۳۳ a	۶/۱۲ a	۱۶/۶۴a	A2
۳۸۳/۳۸b	۲۰/۰۹ a	۱۷/۹۳a	۴۶/۸۶c	۹/۰۵ b	۳/۹۵ b	۱۱/۶۸b	A3
محلول پاشی							
۴۰۵/۱۱b	۲۰/۰۵ a	۱۸/۶۷a	۵۵/۳۸d	۹/۶۷ a	۴/۴۹ b	۱۲/۹۴b	B1
۴۱۹/۳۹b	۲۰/۰۰ a	۱۷/۹۲a	۵۹/۰۳c	۹/۴۴ a	۴/۸۴ ab	۱۳/۵۲ab	B2
۵۱۴/۱۱a	۲۰/۰۳ a	۱۶/۰۱a	۶۴/۶۳b	۱۰/۷۱ a	۵/۹۵ a	۱۶/۵۰ a	B3
۳۱۸/۵۰c	۲۱/۴۹ a	۱۵/۵۹a	۶۶/۲۹a	۱۰/۸۸ a	۵/۵۶ ab	۱۵/۷۹ ab	B4



جدول ۴-۵ تجزیه واریانس تیمارهای مورد مطالعه بر آنزیم‌های آنتی اکسیدانی، عناصر ریزمغذی، روغن و پروتئین دانه کنجد

منابع تغییرات	درجه آزادی	پروتئین دانه	روغن دانه	آنزیم کاتالاز	آنزیم گاباکول	پتاسیم دانه	فسفر دانه	آهن دانه
تکرار	۲	۰/۶۵	۶۴/۶۳	۰/۰۰۰۵۳	۰/۰۳۱	۴۹۹/۳۷	۱/۷۵	۰/۰۰۸
تنش خشکی (a)	۲	۱۰/۶۳	۸۶/۶۲	۰/۰۱۵۱**	۰/۰۰۷۳	۲۷۳۱۲/۱۴**	۱۰/۸۹	۰/۴۳**
خطای a	۴	۱۳/۶۶	۳۴/۰۴	۰/۰۰۱۲	۰/۰۰۰۵۶	۱۸۰۵/۴۰	۲/۳۶	۰/۰۰۴
محلول پاشی (b)	۳	۳۰/۹۲	۱۷۹/۴۹*	۰/۰۰۴۱**	۰/۰۶۳**	۴۶۸۸/۹۸**	۶۷/۱۹	۰/۴۷**
تنش x محلول پاشی	۶	۳۹/۵۳*	۶۲/۴۸	۰/۰۱۰۷**	۰/۰۰۷۲	۲۰۲۳/۴۱	۱۳/۴۰	۰/۲۲**
خطای b	۱۸	۱۰/۲۹	۵۱/۹۸	۰/۰۰۰۵۱	۰/۰۰۰۵۳	۸۸۳/۷۲	۲۵/۰۷	۰/۰۰۵
ضریب تغییرات (درصد)		۱۴/۱۵	۱۵/۷۱	۵/۰۲۲	۳۱/۸	۱۳/۰۸	۱۹/۲۰	۳۲/۴۲

\*\*و\* به ترتیب معنی داری در سطح ۱ و ۵ درصد

جدول ۴-۶ مقایسه میانگین تیمارهای مورد مطالعه بر آنزیم‌های آنتی اکسیدانی، عناصر ریزمغذی، روغن و پروتئین دانه کنجد

عامل آزمایشی	پروتئین دانه (درصد)	روغن دانه (کیلوگرم در هکتار)	آنزیم کاتالاز (تغییرات جذب به میلی گرم پروتئین در دقیقه)	آنزیم گایاکول (تغییرات جذب به میلی گرم پروتئین در دقیقه)	پتاسیم دانه میلی گرم/گرم ماده خشک	فسفر دانه	آهن دانه
تنش خشکی							
A1	۲۲/۰۰a	۴۵/۴۶a	۰/۴۲b	۰/۲۲b	۲۸۰/۴۴ a	۲۵/۴۶a	۰/۹۱a
A2	۲۳/۷۵a	۴۵/۷۵a	۰/۴۳b	۰/۲۱b	۲۱۲/۹۷b	۲۷/۱۷a	۰/۵۴c
A3	۲۲/۲۶a	۴۳/۴۲a	۰/۴۹a	۰/۲۵a	۱۸۸/۲۷ b	۲۵/۵۸a	۰/۶۴b
محلول پاشی							
B1	۲۰/۳۳b	۴۴/۸۸ab	۰/۴۴a	۰/۲۵b	۲۵۵/۳۸ a	۲۹/۹۷ a	۰/۶۰b
B2	۲۲/۰۷ab	۴۰/۰b	۰/۴۶a	۰/۱۷bc	۲۲۰/۷۲bc	۲۵/۵۶ ab	۰/۴۲b
B3	۲۴/۵۴a	۴۸/۷۵a	۰/۴۶a	۰/۳۳a	۲۰۰/۶۹c	۲۵/۱۳ ab	۰/۸۸a
B4	۲۳/۸۲a	۴۹/۸۸a	۰/۴۲b	۰/۱۵c	۲۳۲/۱۲ ab	۲۳/۶۲ a	۰/۸۸a

منام

## منابع

اسکندری ح. زهتاب سلماسی س. قاسمی گلعدانی ک. (۱۳۸۹) "ارزیابی کارآیی مصرف آب و عملکرد دانه ارقام کنجد در شرایط آبیاری متفاوت به عنوان کشت دوم". مجله دانش کشاورزی پایدار، ج ۲۰/۲، ش ۱.

ایزائلوع. زینالی خانقاه. حسین زلده ع. مجنون حسینی و ن. (۱۳۸۱) "تعیین بهترین شاخصهای مقاومت به خشکی در ارقام تجارتي سویا". چکیده مقالات هفتمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، کرج. موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج.

بابائیان م. حیدری م. و قنبری ا. (۱۳۸۹) "اثر تنش خشکی و محلول پاشی عناصر کم مصرف بر ویژگی های فیزیولوژیک و جذب عناصر غذایی در آفتابگردان". مجله علوم زراعی ایران ۱۲: ۳۷۷-۳۹۱.

بنی عباس شهری ز. زمانی غ ر. سیاری زهان م ح. (۱۳۹۱) "اثر تنش خشکی و محلول پاشی سولفات روی بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان" مجله علوم زراعی ج ۴: ۱۷۲-۱۶۵

بهدانی م ع م. ح. راشد محصل. (۱۳۷۷) "بررسی اثر تراکم بر عملکرد سه رقم کنجد". مجله علوم و صنایع ۸. کشاورزی. ج. ۱۲. ص. ۶۳-۵۷.

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

پهلوان راد 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 ۱۵۵-۱۲۰.

ترکمانی د. و کاراپتیان ژ. ، (۱۳۸۶) "بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مهم دانه در ده رقم کنجد". مجله زیست شناسی: ۳۳۳-۳۲۷ ایران جلد ۲۰ شماره ۴.

حسینی م. ح. و نصیری محلاتی م، (۱۳۷۲) "رابطه آب و خاک در گیاهان زراعی (ترجمه)". انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

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

- حیدری شریف آباد ح، ( ۱۳۷۹) " گیاه خشکی و خشکسالی ". انتشارات موسسه تحقیقات جنگل ها و مراتع، تهران. ۲۰۰ صفحه
- خلیلی محله ج. و رشدی. م، (۱۳۸۷) " اثر محلول پاشی عناصر کم مصرف بر خصوصیات کمی و کیفی ذرت سیلویی در خوی ". مجله نهال و بذر. جلد ۴۰۵ . ۵۶۱- ۵۳۹. شماره ۵۵.
- خواجه پور م. ر، (۱۳۸۶) " گیاهان صنعتی ". انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان. ۵۸۰ صفحه.
- خواجه پور م. ر، (۱۳۸۳) " گیاهان صنعتی ". انتشارات جهاد دانشگاهی واحد صنعتی اصفهان. ۵۸۰ صفحه
- خواجه پور م. ر، (۱۳۷۰) " اصول و مبانی زراعت ". انتشارات جهاد دانشگاهی اصفهان، ۴۰۰ صفحه
- خیام نکویی س. شریف نسب م. ح. احمدی صومعه ک. برخی م. و مؤمنی ر، (۱۳۸۸) " نگاهی به فناوری نانو در وزارت جهاد کشاورزی ". ویرایش دوم. نشر آموزش کشاورزی.
- دانشیان ج. نورمحمدی ق. و جنوبی پ، (۱۳۸۱) " بررسی واکنش سویا به تنش خشکی و مقادیر مختلف فسفر ". چکیده مقالات هفتمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، کرج. موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج.
- دانشمندی م. ش. عزیزی، م، (۱۳۸۸) " تأثیر پلیمر سوپرجاذب آب ( *super absorbent polymer*) در شرایط تنش خشکی بر خصوصیات فیزیکی مورفولوژیکی، عملکرد محصول و انباشت متابولیت های سازگار در گیاه دارویی ریحان اصلاح شده (*Ocimum basilicum L.*) ". ششمین کنگره باغبانی ایران. ص ۱۲۷۶- ۱۲۷۹.
- دلفانی م، (۱۳۹۰) " تأثیر محلول پاشی نانوذره آهن و منیزیم بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی لوبیا چشم بلبلی ". پایان نامه ارشد. دانشگاه صنعتی شاهرود ۱۶۳. صفحه.
- دهشیری ع. احمدی م. ر. و طهماسبی سروستانی ز، (۱۳۸۰) " عملکرد ارقام کلزا به تنش آب ". علوم کشاورزی ایران: ۳۲. ۶۴۹- ۶۵۹
- راکعی آ. و معالی امیری ر، (۱۳۹۱) " نقش تغییرات اپی ژنتیکی در پاسخ گیاه به تنش های محیطی غیر زنده ". ژنتیک در هزاره سوم. سال دهم / شماره ۳. ۲۸۳۵ - ۲۸۴۵.
- رحیمی زاده م. کاشانی ع زارع فیض آبادی ا. مدنی ح. سلطانی ا، (۱۳۸۹) " تأثیر کودهای ریز مغذی بر عملکرد و اجزای عملکرد آفتابگردان تحت شرایط تنش خشکی ". مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی. جلد سوم، شماره اول. صفحه ۷۲-۵۷

رستگارم. ع، (۱۳۸۴) " گیاهان صنعتی ". انتشارات فرهمند. چاپ اول  
رمرودی م. کیخازاله م. گلوی م. ثقه الاسلامی ف.م.ج. و ر برادران، (۱۳۹۲) " اثر محلول پاشی عناصر  
ریزمغذی و رژیم های آبیاری بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی اسفرزه ". نشریه بوم شناسی  
کشاورزی. جلد ۹. شماره ۲-۲۲۶-۲۱۹

زهرائی. ن (۱۳۷۲) " ویتامین ها ". (ترجمه). انتشارات گلشن، تهران، ایران

سرمدنیا غ. (۱۳۷۲) " اهمیت تنشهای محیطی در زراعت ". مقالات کلیدی اولین کنگره زراعت و  
اصلاح نباتات ایران، دانشگاه تهران ۱۶-۱۳ شهریور ۱۶۹-۱۵۷

شریعتی ش. قاضی شهینی زاده پ، (۱۳۷۹) " کلزا ". اداره کل آمار و اطلاعات در امور کشاورزی، نشریه  
شماره ۷۹/۱۶. صفحه ۲۲-۱۱

شکوه فر ع. یعقوبی س، (۱۳۹۱) " اثر تنش خشکی بر اجزاء عملکرد ارقام مختلف کنجد. مجله  
زراعت و اصلاح نباتات ". ج ۸، ش ۴، ص ۱۹-۲۹

ضیائیان ع. ح، (۱۳۸۲) " استفاده از عناصر کم مصرف در کشاورزی ". انتشارات آموزش کشاورزی. ص.  
۱۹۹-۲۰۷

عطایی م، (۱۳۹۰) " نگرشی بر کاربرد فناوری نانو در حیطه علوم کشاورزی ". همایش ملی ایده های نو  
در کشاورزی

فیضی م. (۱۳۸۳) " تأثیر شوری آب آبیاری بر عملکرد محصول آفتابگردان ". مجله علوم خاک و  
آب ۱۸-۹؛ ۱۹۳-۱۸۴

کافی م. مهدوی دامغانی ع، (۱۳۸۶) " مکانیسم های مقاومت گیاهان به تنش های محیطی (ترجمه) ".  
انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۴۶۷ صفحه  
کافی م. مهدوی دامغانی ا، (۱۳۷۹) " مکانیسم های مقاومت گیاهان به تنش خشکی ". انتشارات  
دانشگاه فردوسی مشهد. ۴۶۷ صفحه.

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

کمرگی ح. و گلوی م، (۱۳۹۱) " ارزیابی محلول پاشی عناصر ریز مغذی آهن، بر و روی بر ویژگی های  
کمی و کیفی گلرنگ ". نشریه بوم شناسی کشاورزی ۴: ۲۰۱-۲۰۶

کوچکی ع. نصیری محلاتی م، (۱۳۷۲) "رابطه آب و خاک در گیاهان زراعی". انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

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

گلستانی م. پاکنیت ح، (۱۳۸۶) "ارزیابی شاخصهای مقاومت به خشکی در کنجد". علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۱۱ (۴۱) ۱۴۱-۱۴۹.

مالک ف، (۱۳۸۹) "دانه‌های روغنی و روغن‌های نباتی (ویژگی‌ها و فراوری)". انتشارات آموزش و ترویج کشاورزی، ۶۰۱ صفحه

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

مجیدی هروان ا. (۱۳۷۲) "مکانیزم فیزیولوژیکی مقاومت به تنگناهای محیطی". چکیده مقالات اولین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، دانشگاه تهران ۱۸-۱۵ شهریور: ۱۳۴-۱۳۳

محمد زاده آ. مجیدی ح. مقدم ح. مجنون حسینی ن. بقایی ن. (۱۳۹۰) "بررسی تأثیر نانو کلاته آهن بر عملکرد و اجزاء عملکرد لوبیا چیتی". دومین کنفرانس ملی فیزیولوژی گیاهی ایران. ۹-۸ اردیبهشتم ماه دانشگاه یزد صفحه ۴۵۰.

مرادی م. سیادت ر. ع، (۱۳۹۱). "گیاهان دانه روغنی". نشر آموزش و ترویج کشاورزی

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

مرشدی الف. رضایی ح. م. ملکوتی ج، (۱۳۷۹) "چگونگی تأمین نیاز غذایی دانه های روغنی وزارت کشاورزی". سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، موسسه آب و خاک. نشریه فنی آموزش کشاورزی، شماره ۱۱۵

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 پژوهشهای زراعی ایران. جلد ۶ شماره ۶۲۲-۶۸۱.

ملکوتی م، (۱۳۷۹) "نقش ریز مغذی ها در افزایش تولیدات کشاورزی در ایران". نشریه فنی شماره ۷۰، نشر آموزش کشاورزی، سازمان تات ۱۲۳-۱۴۴

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

ملکوتی م. ج. غیبی م. ن. بلالی م. ر. و دیوان بیگی س. (۱۳۷۹) "بررسی اثرات عناصر کم مصرف در افزایش پروتئین و غنی سازی دانه گندم در ده استان کشور" (قسمت دوم) نشر آموزش کشاورزی. کرج، ایران.

ملکوتی م. ج. و لطف اللهی ا. (۱۳۷۸) "نقش روی در افزایش کمی و کیفی محصولات کشاورزی و بهبود سلامتی جامعه". نشر آموزش کشاورزی، وزارت کشاورزی، کرج، ایران.

مهرابی ز. احسان زاده پ. (۱۳۹۰) "بررسی خصوصیات فیزیولوژیک و عملکرد چهار رقم کنجد (*Sesamum indicum* L.) تحت رژیم های رطوبتی خاک". مجله به زراعی کشاورزی. ۱۳ (۲): ۷۵-۸۸.

موحدی دهنوی م. س. مدرس ثانوی ع. م، (۱۳۸۲) "اثر محلول پاشی عناصر کم مصرف روی و منگنز بر عملکرد و اجزاء عملکرد سه رقم گلرنگ پائیزه تحت تنش خشکی در منطقه اصفهان". مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی. جلد سیزدهم، ویژه نامه زراعت و اصلاح نباتات ۱۳۸۵.



میبدی ع. قره یاضی ب. سعادت‌آباد، (۱۳۸۱) "جنبه های فیزیولوژیک و به نژادی تنش شوری گیاهان". مرکز دانشگاه صنعتی اصفهان. چاپ اول ۲۲۸ صفحه.

میرمحمدی میبدی، س. ع. م. قره‌یاضی ب، (۱۳۸۱). "جنبه های فیزیولوژیکی و به نژادی تنش شوری گیاهان زراعی". انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان

نادری م. ر. دانش شهرکی ع، (۱۳۹۰) "کاربرد فناوری نانو در بهینه سازی فرموسسیون کودهای شیمیایی". ماهنامه فناوری نانو. سال دهم. شماره ۲۱.۴-۲۳.

نادری درباغشاهی م. ر. نورمحمدی ق. مجیدی ا. درویش ف. شیرانیراد ا. مدنی ح، (۱۳۸۳) "بررسی اثر تنش خشکی و تراکم بوته بر صفات اکوفیزیولوژیکی سه لاین گلرنگ در کاشت تابستانه اصفهان". نهال و بذر. ۲۹۶-۲۸۱

ناصری ف، (۱۳۷۰) "دانه های روغنی (ترجمه)". انتشارات معاونت فرهنگی آستان قدس رضوی.

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

نجفی ح. صفاری م، (۱۳۹۰). "بررسی تاثیر تنش خشکی بر عملکرد، اجزای عملکرد و درصد روغن در ارقام کنجد". یازدهمین سمینار سراسری آبیاری و کاهش تبخیر، کرمان دانشگاه شهید باهنر، ۱۸ - ۲۰ بهمن.

نوذری راد د، (۱۳۹۲). "تاثیر محلولپاشی نانو ذره آهن به همراه مواد افزودنی D.G ADJUVANT و RCP-5 بر رشد و عملکرد لوبیا سبز". پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشگاه شاهرود. ۱۰۹ صفحه

همائی م، (۱۳۸۱) "واکنش گیاهان به شوری". کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران.

وحدتی ع. ر. نباتی د، (۱۳۷۸) "بررسی اثر تنش شوری بر کنجد در ارقام محلی". انتشارات سازمان جهاد کشاورزی یزد. ۱۶ صفحه

AbdzadGohari A. NoorhoseiniNiyaki S.A.( 2010). "Effects of Iron and Nitrogen Fertilizers on yield and yield components of peanut (*ArachishypogaeaL.*)" in AstanehAshrafiyeh, Iran. American-Eurasian Journal. Agriculture . And Environ. Sciens: 9(3), 256-262.

Abd El. Hadi. E.A.A. (1986) " **Effect of foliar fertilization in different crops under Egyptian conditions**". Plant Soil Sci. 22:126-141.

Abbaszadeh B. Sharifi Ashourabadi E. Lebaschi M.H. Naderi Hajibagher Kandi M. Moghadami, F,( 2008)" **The effect of drought stress on proline contents, soluble sugars, chlorophyll and relative water contents of balm (*Melissa officinalis* L.)**". Iranian J. Medic.Aromatic Plant. 23(4), 504-513

Akhondi M. Safarnejad A. and Lahoti M.( 2006)" **Effect of drought stress on proline accumulation and changes in elements in Yazdi, Nikshahri and Ranjer alfalfa (*Medicago sativa* L.)**". Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources. 10(1): 165-17

Alizadeh A.( 1999)" **Applied Hydrology**". Astane Ghods Razavi Publication, Iran, p. 816

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

Amani M. Golkar P and Mohammadi-Nejad G.( 2012)"**Evaluation of Drought Tolerance in Different Genotypes of Sesame (*Sesamum indicum* L.)**". International Journal of Recent Scientific Research Vol. 3, Issue, 4, pp.226 - 230, April, 2012.

Araus J.L. Slafer G.A. Reynolds M.P and Royo C, (2002) "**Plant breeding and drought in C3 cereals**": what should we breed for? Ann. Bot. 89, 925–940.

Arnon A.N, (1967) "**Method of extraction of chlorophyll in the plants.**" Agronomy Journal, 23:112-121.

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

Azevedo Neto A.D. Prisco J.T. Ehneas-Filho J. Areu C.E.B. and Gomes-filho E, (2006) "**Effects of salt stress on antioxidative enzymes and liquid peroxidation in leaves and roots of salt tolerance and salt sensitive maize genotypes.**" Enviroment Botany. 56: 81-94.

Bagata C. V. Moliterni M. Paifaco D. and Manddino G,( 2005)"**Adaption to drought in Beta species**", Inter Drought - IT: Coping With drought, September 24 to 28. University of Rome "LA sapienza". Rome. Italy.

Bagheri A. R.(2010)"**The effect of drought stress on yield, yield components and ion contents of four wheat cultivars**". Journal of Plant Ecophysiology. 1(3): 15-30

Bajji M. Lutts S. and Kinet J.M, (2001)" **Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat (*Triticum durum* Desf) arid condition**". Plant Sci. 160: 669-681.

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

Banks L.W,( 2004)" **Effect of liming of foliar zinc fertilizer on yield component of soybeans**". Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 22(17), 226-231.

Bates L.S. Waldren R.P and Teare L.D, (1973)" **Rapid determination of free proline for water-stress studies**". Plant Soil 39:205-207.

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

Baybordi A,( 2005)" **Effect of zinc, iron, manganese and copper on wheat quantity and quality under salt stress conditions**". J. Water Soil. 140: 150-170

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

Baybordi A. Malakouti M.J. and Rezai H.( 2001)" **Effect of Zn, B and Mn with soil application and foliar application methods on seed yield of canola in Miane**". J. Water and Soil Sci. 12: 158-16

BeregmannW,(1992)" **Nutritional Disorders of Plants**". Development, visual and analytical diagnosis. Gustav Fischer. Verlag Jena. Stuttgart. New York.

Bersamin A,( 2004)" **Iron and iron deficiency anemia, nutiation and health**". Info-sheet, publication 8141. 1-6.

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

Bibi A. Sadaqat H. A. Akram H. M. Khan T. M and Usman B. F, (2010)" **Physiological and agronomic responses of Sudangrass to water stress**". J. Agric. Res., 48(3): 369 – 380.

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

Bourre J. M, ( 2005)" **Dietary omega-3 fatty acids and psychiatry: mood, behavior, stress, depression, dementia and aging**". Journal of Nutrition, Health and Aging,1:31-38.

Bown D,, (1996)" **Encyclopaedia of Herbs and their Uses**". Dorling Kindersley, London

Bozorgi H.R,( 2012)" **Study effects of nitrogen fertilizer management under nano iron chelate foliar spraying on yield and yield components of Eggplant**". Journal of Agricultural and Biological Science 7(4), 233-237.

Brar G. S, (1982)" **Variations and correlations in oil content and fatty acid composition of sesame**". Indian Journal of Agricultural Science, 52:27-30.

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

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

Brumbarova T. Bauer P, (2005)" **Iron-mediated control of the basic helix-loop-helix protein FER, a regulator of iron uptake in tomato**". Plant Physiology 137: 1018–1026.

Cakmak I, (2000)" **Possible roles of zinc in protecting plant cells from damage by reactive oxygen species**". New Phytologist, 146, 185-205. Plant Physiol. 34: 189-202.

Cook D. Fowler S and Fiehn O, ( 2004)" **A prominent role for the CBF cold response pathway in configuring the lowtemperature metabolome of Arabidopsis**". Plant Biology. 101: 15243-8.

Çakmak I. Kalayci M. Brauni H.J. Kilinc Y. and Yilmaz A,( 1999)" **Zn deficiency as a practical problem in plant and human nutrition in Turkey**": A Nato-Science for stability project. Field Crop Res. 60: 175-188.

Cakmak I. (2005)" **The role of potassium in alleviating detrimental effects of abiotic stresses in plants.**" Journal of Plant Nutrition and Soil Science. 168: 521 - 530

Chapman H.D and Pratt P.F, (1982) "**Methods of plant analysis. In: I. Methods of Analysis for Soils, Plants and Water.**" Chapman Publishers, Riverside, CA.

Cosculleola F. and Fact J.M, (1992)"**Determination of the maize (*Zea mays L.*) yield functions in respect to water using a line source sprinkler**". Field Crops Abst. 93: 5611.

Cornic C. and Massacci A, (1996)" **Leaf photosynthesis under drought stress**". In: Photosynthesis and Environment. Ed. Baker, N.R. Kluwer Academic Publish. pp. 347–366.

Dogan M. and . Akgul A,(2005)" **Fatty acid composition of some walnut (*Juglans regia L.*) cultivars from east Anatolia**". Grasasy Aceites (Sevilla), 4:328-331.

Dudley T.S. Grichas W.J. Mccallum, A.A, (2000)" **Crop profile for sesame in United States**". Texas Agricultural Experiment Station, College Station and Yoakum. 19p.

Dutta P. K. Jana P. Bandyopadhyay and D. Maity, ( 1996)" **Response of summer sesame (*Sesamum indicum*) to irrigation"**. Indian. J. Agron. 54: 613-616

Dionisio-Sec M.L and Tobita S, (1998) "**Antioxidant response of rice seedling to salinity stress.**" Plant Science. 532-540.

Delkhosh B. Shirani-e-Rad A. H. Noormohammadi G. H. & Darvish. F, (2005)" **Evaluation of drought stress on yield and chlorophyll content in rapeseed cultivars"**. *Journal of Agriculture Science*, 2, 359-367.

Delaney A.J. . Hu C.A. Kishor K.P.B. and Verma D.P.S, ( 1993)" **Cloning ornithine aminotransferase DNA from vigna anconitifolia by trans-complementation in Escherichia coil and regulation of proline biosynthesis"**. Journal of Biological Chemistry. 268:18673-18678

Evans W. C,( 1996)" **Pharmacognosy. 14th Edition. Chapter 21. Volatile Oils and Resins"**. John Wiley, New York. 450 pp.

Emadi S. S, (2010)"**Iron Nutrition Effect in Hydroponic Culture on the Response of Sunflower toSalinity"**. M. Sc. Thesis, Isfahan University of Technology, Isfahan.

Eslami R. Tajbakhsh M. Ghafari A. Roustaei M. and Barnousi I,( 2012)" **Evaluation of drought tolerance in dry lands wheat genotypes under different moisture"**. EJCP. 2: 129-143.

Emam Y. & Zavarehi M. (2005)"**Drought tolerance in higher (Genetically, Physiological and Molecular Biological Analysis)"**. Academic Publishing Center of Tehran.

El-Fouly M. M. Mobarak Z. M. & Salama Z. A, (2011)" **Micronutrients (Fe, Mn, Zn) foliar spray for increasing salinity tolerance in wheat *Triticum aestivum* L"**. *African Journal of Plant Science*, 5, 314-322.

Fabio T. Simone M.N. Carlos B. and Oetario L.F, (2003) *Science direct*,162

Foyer C.H. Leandais M. and Kunert K.J, (1994)" **Photooxidative stress in plants. Physiologia Plantarum."** 92, 696-717.

Freitas H.M.O. . John M. N. Wiley V and Sons, INC ( 1997)"**Drought In Plant Ecophysiology"**. (ed)Parasad ,

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

Fisichella G. Santoro A. Benintende P. G. Longo A. and Ruscica, S, (1998)" **Effects of single and associated deficiencies on free proline content in citrus leaves"**. *Tecnica Agricola* 51: 3-8.

Fielding J.L. and Hall J, (1978) "**A biochemical and cytochemical Study of peroxidase activity in root pea.**" J. of Exp. Bot. 29: 98 – 989.

**Faostat 2011**"**Food and agriculture organization of United Nations, (2011)**". Available at: <http://www.fao.org/countries/55528/en/irn/> Accessed Aug 1, 2011

**Faostat** "**Food and agriculture organization of United Nations, (2013)**". Available at: <http://www.fao.org/countries/55528/en/irn/> Accessed Aug 1,

Good A. Zaplachinski S. ( 1994)"**The effects of drought on free amino acid accumulation and protein syntesis in *Brassica napus***". Physiol. Plant. 90: 9–14.

Goos R. J.M. and Beestman G. B, ( 2007)"**Recently patented and commercialized formulation and adjjvant technology**". Crop Prot., 26:320-327.

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

Ghahreman A. (1993)"***Iran' koromophits***", Markaze Nashre Daneshgahi, Tehran.

Gutzat R and Scheid O.M, (2012) "**Epigenetic responses to stress: triple defense?**" Current Opinion in Plant Biology. 15: 568 – 573.

Girousse C. Bournoville R. Bonnemain J. L, (1996)" **Water deficit-induced changes in concentration in prolin and some other amino acids in the phloem sap of alfalfa**". Plant Physiol, 111; 109-113

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

Gardner F. P. Pearce R. B and Mitchell R. L, (1985)" **Physiology of crop plants**". Ames, Iowa State University Press. 478 pp.

Genadii B. Irina V. Anna I and Victor K, (2002)" **Accumulation of dehydrin-like protein in the mitochondria of cereals in response to cold, freezing, drought and ABA treatment**". Plant Biology 2: 157-170

Graham R.D. Alscher J.S and Haynes S.C, (1992)" **Selecting Zinc-efficient cereals genotypes for soils of low Zn status**". Plant Soil. 146: 241-250

Glanasekera G. Basu S. Mukherjee S . P . Poddar R . Gupta S and Mukherjee B.B, (2003)" **Water , salt and fl effect on relative water content , viability and banding patterns of some Isohy ets in (*Brassica juncea*)Dahlia**".

Grattan S. R. and C. M. Grieve( 1999)"**Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops**". J. Sci Horticulturæ 78: 127-157

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

Hassanzadeh M. Ebadi A, (2009)" **Investigation of water stress on yield and yield components of Sesame (*Sesame Indicum L.*) in moghan region**". Research journal of environmental science 3 (2):239-244,2009 ISSN 1819-3412.

Hahm T.S. Park S.J and Martin Lo Y,( 2009)"**Effects of germination on chemical composition and functional properties of sesame (*Sesamum indicum L.*) seeds**". Bioresource Technology 100: 1643-1647.

Hafez Y.D, (1983)" **Nutrient composition of different varieties strains of soybean**". Nutr. Rep. Int. 28, 1197-1206

Hajiboland R. Amirazad F. (2010)"**Growth, photosynthesis and antioxidant defense system in zn-deficient red cabbage plants**". Plant Soil Environment, 5: 209-217

Hemstreed S. Saleeb W and Huzar C.K, (1972)"**Oil content and composition of the seed in the world collection of sesame introductions**". Soc. 49: 20- 23

Hissao T, (1973)" **Plant responses to water stress**". Annu Rev plant physiol. 24: 519-570.

Heidarian A. R. Kord H. Mostafavi K. Lak AP. Amini Mashhadi F, (2011)" **Investigating Fe and Zn foliar application on yield and its components of soybean (*Glycine max (L) Merr.*) at different growth stages**". J. Agric. Biotechnol. Sustain. Dev., 3(9): 189 -197.

Heidari M. Galavi M and Hassani M, (2011)" **Effects of sulfur and iron fertilizers on yield, yield components and nutrient uptake in sesame (*Sesamum indicum L.*)**".

Health F. and Welfare C, (1998)" **Nutrition Recommendations.The Report of the Scientific Review Commoittee**". Department of Supply and Services , Cat. No. H49-42/1990E, Ottawa, ON.

Hong Y. Yu J. & Chai K. (1985)" **Effect of drought stress on major upland crops**". *Agronomy Journal*, 27, 148-155.

Heathery R ,( 1993)" **Simulation of Soybean seed yield response to irrigation timing: validation of the EPIC model**". Journal of production agriculture, 230-232.

Hu Y and Schmidhalter U, (2001) "**Effects of salinity and macronutrient levels on micronutrients in wheat**". J. Plant Nut. 24: 273-281.

Irrigoyen J.H. Emerich D.W. and Sanchez Diaz M, (1992) "**Water stress induced changes in concentration of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa plant.**" Physiologia Plantarum, 84: 55-66.

Jaberzadeh A. Moaveni P. Tohidi Moghadam H.R. Moradi A, (2010) "**Effect of TiO<sub>2</sub> Nanoparticles Spraying on Agronomic characteristics of Wheat under condition drought stress**". J. Crop Ecophys. 2(4), 295-301. [In Persian with English Summary]

Johnston A.M. Tanaka D. L. Miller P. R. Brandt S.E, (1995) "**Genotypic and phenotypic correlations in soybean and their implication in election**". Agron. J. 47, 477-483.

Jose A.I. (2002) "**Package of Practices Recommendations**": Crops. 12th Edition. Kerala Agricultural University, Trichur, Kerala, India. 278p

Jose M. Mates eristinaperez. G,( 1999) "**Antioxidant Enzymes and Human Disease chemical Biochemistry**". Vol: 32. No. 8: 595 – 603

Kariyone.T, (2001) "**Atlas of Medicinal Plants**", Osaka, Takeda

Kavar T. Maras M. Kidric M. Sustar-Vozlic J. Meglic V, (2007) "**Identification of genes involved in the response of leaves of Phaseolus vulgaris to drought stress**", Mol. Breed. 21, 159–172.

Kafi M. & Damghani A, (2000) "**Mechanism of Environmental Stress Resistance in Plants**". Ferdowsi University of Mashhad Publication.

Kidambi S. P. Matches A. G. and Bolger T. P. (1990) "**Mineral concentration in alfalfa and sanifoin as influenced by soil moisture level**". Agronomy Journal. 82: 229 -236.

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

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

Koutroubas S. D. Papakosta D. K and Doitsinis A, ( 2000) "**Water requirments for castor oil crop (*Ricinnus communis* L.) in a mediterranean climate**". J. Agron. and Crop Sci. 14: 33-41.

Khan H R. McDonald G.K. and Rengel. Z. (2003). "**Zn fertilization improves water use efficiency, grain yield and seed Zn content in chickpea**". Plant Soil, 249: 389- 400.



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

Kosovaa K. Vitamvasa P. Prasila I. T. and Renautb J. (2011) "**Plant proteome changes under abiotic stress contribution of proteomics studies to understanding plant stress response**". Proteomics 74: 1301–1322.

Kuznetsov VI. V and Shevyakova. N. I. (1999) "**Proline under stress: Biological role, metabolism and regulation**". Russian Journal of Plant Physiology: 46: 274-287.

Kumar A. S. Prasad T. N and Prasad U.K, (2000) "**Effect of irrigation and nitrogen on growth, yield/oil content, nitrogen uptake and water-use of summer sesame (*Sesamum indicum*)**". Indian. J. Agron. 41: 111-115

Lalinia A. A. Majnon Hoseini N. Galostian N. Esmailzadeh Bahabadi M. and Marefatzadeh Khameneh M, "(2012) **Echophysiological impact of water stress on growth and development of Mungbean**". International Journal of Agronomy and Plant Production 3: 599-607

Laurence R.C.N. Gibbons R.w, (1976) "**Changes in yield, protein, oil and maturity of groundnut cultivars With the application of sulfur fertilizers and fungicides**". J. Agric.Sci.Cam., 86, 245-250

Lewis D.C. and McFarlane J.D. (1986) "**Effect of foliar applied manganese on the growth of safflower (*Carthamus tinctorious* L.) and the diagnosis of manganese deficiency by plant tissue and seed analysis**". Aust. J. Agric Res. 37: 567-572

Lorgeril M. D and Salen P, (2004) "**Alpha-linolenic acid and coronary heart disease**". Nutrition Metabolism and Cardiovascular Diseases,3:162-169.

Liu F. Anderson M.N and Jensen C.R, (2003) "**Loss of pod set caused by drought stress is associated with water status and ABA content of reproductive structures in soybean**". Funct. Plant Biology, 30, 271-280.

Liu F. Stutzel H, (2004) "**Biomass partitioning, specific leaf area, and water use efficiency of vegetable amaranth (*Amaranthus spp.*) in response to drought stress**". Scientia Horticulturae. 102: 15 – 27.

Liu X. M. Zhang F.D. Zhang S.Q. He X.S. Fang R. Feng Z. Wang Y, (2005) "**Effects of nano-ferric oxide on the growth and nutrients absorption of peanut**". Plant Nutr Fert Sci. 11:14-18.

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

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

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

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

Mafakheri A. Siosemardeh A. Bahramnejad B. Struik P.C. Sohrabi E,( 2010)" **Effect of drought stress on yield, proline and chlorophyll contents in three chickpea cultivars.**" AJCS .4(8), 580-585.

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

Mehrabi Z, (2007)," **Evaluation of response of sesame genotypes to different moisture regimes using chlorophyll fluorescence, proline and some agronomic traits**". MSc. Dissertation, Isfahan University of Technology, Iran (In Farsi).

Miladi Lari A. Ehsanzade P, (2010)"**The negative effect of drought on safflower grain yield through impact on photosynthetic surfaces and on efficiency**". *Iranian Journal of Field Crop Science*, 41, 375-384.

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

Miyahara Y. Hibasami H. Katsuzaki H. Imai K and Komiya T. (2001)"**Sesamolin from sesame seed inhibits proliferation by inducing apoptosis in human lymphoid leukemia**" Molt 4B cells.*International Journal. Mol.Med*, 7: 369-371.

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

Mohamadipoor R. Sedaghatoor S. Mahboub- Khomami A, (2013)" **Effect of application of iron fertilizers in two methods 'foliar and soil application' on growth characteristics of *Spathyphyllum illusion***". *European Journal of Experimental Biology* 3: 232-24

Molaei P. Ebadi A. Namvar A and Khandan Bejandi T, (2011)"**Effect of sulfur and iron fertilizers on yield, yield components and nutrient uptake in sesame (*Sesamum indicum* L.) under water stress**". *African Journal of Biotechnology* Vol. 10(44), pp. 8816-8822, 15 August, 2011.

- Monica R. C. Cremonini R, (2009)" **Nanoparticles and higher plants. Caryologia.**" 62, 161-165
- Montieth J. L, (1986)" **Significance of the coupling between saturation vapor pressure deficit rainfalls in monsoon climates**". Experimental Agriculture. 22: 329-338
- Morris J.B,( 2002)" **Food, industrial, nutraceutical, and pharmaceutical uses of sesame genetic resources**". In: (Eds.), Trends in New Crops and New Uses. ASHS Press, Alexandria, VA. pp. 153–156
- Mortvedt J.J,(1991)" **Correcting iron deficiencies in annual and perennial: Present technologies and future prospects**". Pp. 315-321
- Mortvedt G. G. Giordana P. M and Lindsay W. L, (1972)" **Micronutrients in agriculture**". Soil Sci. Soc. America. Madison, WI.
- Moussa H. R. Abdel-Aziz S. M, (2008)"**Comparative response of drought tolerant and drought sensitive maize genotypes to water stress**". *Australian Journal of Crop Science*, 1, 31-36.
- Movahhedy-Dehnavy M. Modarres-Sanavy S.A.M. Mokhtassi-Bidgoli A, (2009)" **Foliar application of zinc and manganese improves seed yield and quality of safflower (*Carthamus tinctorius*L.) grown under water deficit stress**". Ind. Crops Prod., 30: 82-92
- Murty G. S. A and Bhatia C. R,(1990)"**Effect of recurring water stress on growth, yield and other agronomic characters in sesame**". Sesame and Safflower Newsletter 5: 4-10.
- Musavi S.R and Rezaei M. (2011)" **Nanotechnology in Agriculture and Food production**". J. Apple. Environ. Biol. Sci. 1(10):414-419.
- Nabati D.A. Schmidt R.E. Khaleghi, E.S., and Parrish D.J,( 2008)"**Assessment of drought stress on physiology growth of *Agrostis palustris* Huds. as affected by plant bio regulators and nutrients**". Asian Journal of Plant Science, 7(8): 717-723.
- Naderi M. R. Abedi A,( 2012)"**Application of nanotechnology in agriculture and refinement of environmental pollutants**". J. Nanotech. 11(1), 18-26. [In Persian with English Summary].
- Narimani H. Rahimi M. M. Ahmadikhah A. Vaezi B, (2010)"**Study on the effects of foliar spray of micronutrient on yield and yield components of durum wheat**". Arch. Appl. Sci. Res., 2(6): 168-176.
- Nayyar H. Gupta D, (2006)" **Differential sensitivity of C3 and C4 plants to water deficit stress: association with oxidative stress and antioxidants**". *Environmental and Experimental Botany*, 58, 106-113
- Nenova V,( 2008)"**Growth and mineral concentrations of pea plants under different salinity levels and iron supply**".

Nickavar B. Kamalinejad M. HajYahya M and Shafagh B. (2006)"**Comparison of the free radical scavenging activity of six Iranian *Achillea* species**". *Pharmaceutical Biology*. 44: 208–212.

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

Patel M. S. Sutar D. M and Kanizaria M. V, (1993) "**Effect of foliar application of iron and sulfur in curing chlorosis in groundnut**". *Journal of the Indian Society of Soil Science* 41: 103-105

Pereira G.J.G. Molina S.M.G. Lea P.J. and Azevedo R.A, (2002) "**Activity of antioxidant enzymes in response to cadmium in C.**" *Juncea. Plant Soi. L* 239: 123-132.

Peyvandi M, Mirza M. Kamali Jamakani Z. (2011 a)"**The effect of nano Fe chelate and Fe chelate on the growth and activity of some antioxidant**". *New Cellular and Molecular Biotechnology Journal*, 2 (5), Iran: 25-32.

Peyvandi M. Parande H and Mirza M, (2011b)"**Comparison of nano Fe chelate with Fe chelate effect on growth parameters and antioxidant enzymes activity of *Ocimum Basilicum***", *New Cellular and Molecular Biotechnology Journal*, 1 (4), Iran: 89-98.

Pugnaier F.I. Serrano L and . paros J, ( 1999)" **Constrains by water stress on plant growth**". In , *Handbook of plant crop stress*. edt, Pessarakli, M., Marcel Dekker INC.

Ranjbar M. Shams G.A,( 2009)"**Using of nanotechnology**". *Journal Environment Green* 3: 29-34.

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

Rajeswari S. Thiruvengadam V. and Ramaswamy N.M, (2010)"**Production of interspecific hybrids between *Sesamum alatum* Thonn and *Sesamum indicum* L.**" through ovule culture and screening for phyllody disease resistance. *South African Journal of Botany* 76: 252-258

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

Ravi S. Channal H.T. Hebsur N.S. Patil B.N. Dharmatti P.R, (2008)" **Effect of sulphur, zinc and iron nutrition on growth, yield, nutrient uptake and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.)**". *Karnataka J. Agric. Sci.*, 21: 382-385

Reynolds G. H, (2002)" **Forward to the future nanotechnology and regulatory policy**". Pacific Research Institute. 1

Rezvani Moghaddam P. Norozpoor Gh. Nabati J. and Mohammad Abadi A. A, (2005) "**Effects of different irrigation intervals and plant density on morphological characteristics, grain and oil yields of sesame (*Sesamum indicum*)**". Iranian Journal of Field Crops Research 3(1): 57-68

Rodony A.S,(2000)"**Plant nutrients. Acadmic press.**" Orlando,FL.

Roshdi M. Heydari Sharifabad H. Karimi M. Noor Mohammadi G. Darvish F,( 2009)" **A survey on the impact of water deficiency over the yield of sunflower seed cultivar & its components.**" Journal of Agricultural Sciences, 12, 109-120. (In Farsi).

Sadat Lajevardi N,(1980)"**Oil Crops. Tehran University Publication.**" Tehran, Iran 217 pp.

Sarmadnia Gh and Koocheki A, (2006)" **Physiology of crop plants "**. Jihade Daneshgahi of mashhad press.

Sadeghipour O and Aghaei P, (2012)" **Response of common bean to exogenous application of salicylic acid under water stress conditions**". Environmental Biology 6: 1160-1168.

Saleh J, (2008)"**Effect of different methods of iron application on yield and chemical composition of leaves and lemon juice**". Iranian Journal of Horticultural Science. 23-34 9: (1)

Salehi M. Tamaskoni F,( 2008)"**Effect Nanocid at Seed treatment on germination and seedling growth of wheat under salinity**". Abstract of the first National Conference of Seed Science and Technology, Iran. P: 358.

Sankar D. Sambandam G. Rao M.R and Pugalendi.K.V,(2004)" **Impact of sesame oil on nifedipine in modulating oxidative stress and electrolytes in hypertensive patients**". Asia Pacific. Journal. Clinical. Nutrition, 13, 107.

Santos C. V,( 2004)"**Regulation of chlorophyll biosynthesis and degradation by salt stress in sunflower leaves**". Environ. Science Horticulture. 103, 93-99.

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

Schulze E. D, (1991)" **Water and nutrient interactions with water stress**". In: Mooney, H. A., W. E. Winner., E. J. Pell (Eds.), Response of Plants to Multiple Stresses. Academic Press, San Diego. 89-101.

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

Shabala S. Babourina O. and Newman L.( 2000)" **Ion specific mechanisms of osmo - regulation in bean mesophyll cells**". Journal of Experimental Botany. 51: 1243 – 1253

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

Sheykhbaglou R. Sedghi M. Tajbakhsh shishevan M. Sharifi SR, (2010)"**Effects of nano-iron oxide particles on agronomic traits of soybean**". Notulae Sci Bio. 2:112-113.

Shimshi D.(1967)" **Leaf chlorosis and stomatal aperture**". New Phytologist 66: 455-461

Shigeoka S. Ishikawa T. Tamoi M. Miyagawa Y. Takeda T and Yabuta Y(2002)"**Regulation and function of ascorbate peroxidase isoenzymes**". J. Exp. Bot. 53: 1305-1319.

Shirani Rad A. H. Naeemi, M and Nasr Esfahani Sh, ( 2010)" **Evaluation of terminal drought stress tolerance in spring and winter rapeseed genotypes**". Iranian Journal of Crop Sciences 12(2): 112-126

Siddique K.H.M. Loss S.P. Thomson B.D. (2003)"**Cool season grain legumes in dryland Mediterranean environments of Western Australia**": Significance of early flowering, in: Saxena N.P. (Ed.), Management of Agricultural Drought. Science Publishers, Enfield (NH), USA, pp. 151–161

Sila M.A. Jifon J.L. Silva J.A.G. and Sharma V. (2007)"**Use of physiological parameters as fast tools to screen for drought tolerance in sugarcane**". Brazilian Journal of Plant Physiology, 19: 193-201.

Sinclair T. R and Ludlow M.M, (1985)" **Who thought plant thermodynamics?**" The unfulfilled potential of plant water potential. Australia.Journal Plant Physiology.33:312-317.

Sinclair T.R. Messina C.D. Beatty A and Samples M, (2010)" **Assessment across the United States of the benefits of altered soybean drought traits**". Agronomy Journal, 102: 475-482(2010).

Singh B. R. and Singh D. P (1995)" **Agronomic and physiological responses of sorghum, maize and pearl millet to irrigation**". Field Crops Res. 42: 57- 67.

Siosemardeh A. Ranjbar-balkhkanlou H. Sohrabi Y. Bahram nejad B, (2011)" **Evaluation of grain yield, gas exchange and source and sink limitation in sunflower under drought stress at different levels of defoliation**". Iranian Journal of Field Crop Science, 42, 585-596.

Stepien P. Klobus G, (2006)" **Water relations and photosynthesis in (*Cucumis sativus* L.) leaves under salt stress**". *Biologia Plantarum*, 40, 610-616.

- Suh H. Kim C. H. Lee, J and Jung J, (2002)"**Photodynamic effect of iron on photosystem II function in pea plants**". Photochem Photobiol,75, Elsevier: 513-518.
- Suja K. P. Abraham J.T. Thamizh S.N. Jayalekshmy A and Arumugan C,(2004)"**Antioxidant efficacy of sesame cake extract in vegetable oil protection**". Food Chemistry, 84:393–400.
- Sun B. Jing Y. Chen K. . Song L. Chen F and Zhang L, (2007)" **Protective effect of nitric oxide on iron deficiency-induced oxidative stress in maize (*Zea mays*)**". J. Plant Physiol. 164: 536-543.
- Tala A,( 2002)" **Stomatal variability of native warm-season grasses from the Nebraska sandhills**". Can. J. Plant Sci. 82: 349-355.
- Tan J. Zhao H. Hoang J. Han Y. Li H and Zhao W, (2008) "**Effects of exogenous nitric oxide on photosynthesis, antioxidant capacity and proline accumulation in wheat Seedlings subjected to osmotic stress**". Agricultural Sciences 4: 307-313.
- Tarahomi G. Lahoti M. and Abbasi F,( 2011)." **Study the effects of drought stress on changes of soluble sugars, chlorophyll content and potassium in *Salvia Leriifolia Benth***". The Quarterly Journal of Biological Science.9(3):1-7
- Terry G, (2003)" **Canola-high temperatures and drought**". North Dakota state university agriculture and university extension, Devils Lake, ND 58301-2571
- Teulat B. Monneveux P. Wery J. Borries C. Souyris I. Charrier A and This D, (1997)" **Relationships between relative water content and growth parameters under water stress in barley**" a QTL study. New Phytologist 137: 99-107
- Tewari R. K. Kumar P and Sharma P. N, (2005)" **Sign of oxidative stress in the chlorotic leaves of iron starved plants**". Plant Science 169: 1037-1045
- Turner N.C. Wright G.C. Siddique K.H.M,( 2001)" **Adaptation of grain legumes (pulses) to water-limited environments**", Adv. Agron. 71, 123–231.
- Vajrabhaya M. Kumpun W and Chadchawan S, (2001)" **The solute accumulation: The mechanism for drought tolerance in RD23 rice (*Oriza sativa* L.)**". lines. Science Asia. 27: 93-97.
- Van Rensburg L. Kruger C. H and Kruger H, (1993)" **Proline accumulation as droughttolerance selection criterion: its relationship to member integrity and chloroplast ultrastructure in *Nicotiana tabacum* L.**". Journal of Plant Physiology 141:188-194.

Vattani H. Keshavarz N and Baghaei N,( 2012)"**Effect of sprayed Soluble different levels of iron chelate Nano fertilizer on nutrient uptake efficiency in two varieties of .spinach(Varamin88 And Virofly)**". Int. Res. J. Appl. Basic Sci. 3(S):2651-2656

Venkatachalam M and Sathe S.K,( 2006)" **Chemical composition of selected edible nut seeds**". Journal of Agricultural and Food Chemistry, 13:4705-4714.

Vinocur B and Altman A, (2005)"**Recent advances in engineering plant tolerance to abiotic stress**": achievements and limitations., Elsevier Science. 16: 123- 132.

Weiss EA, ( 2000)"**Oilseed Crops, 2nd Edition**". Blackwell Sc. Ltd., Bodmin, UK.

Westgate M and Peterson V,(1993)" **Simulation of Soybean seed Yield Response to Irrigation Timing**": Validation of the EPIC Model. Journal of Production Agriculture, 230-232.

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

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

Wiswanathan, B. (2009) "**Nanomaterials.**" Alpha science international limited. London. 250pP

Wurth B, (2007)"**Emissions of engineered and unintentionally produced nanoparticles to the soil**" diploma desist ETE Zurich Department of Environmental Sciences,Switzerland.

XU H. Yang X. Yang J. Qi Liu W, (2003)" **IBIDS**". J., 272

Yahya A, (1998)" **Responses to soil salinity of Sesame (Sesamum indicum L ) and Sugar beet (Beta vulgaris L.)**". Doctoral Thesis-Uppsala.

Yamaguchi-Shinozaki K. Kasuga M. Liu Q. Nakashima K. Sakuma Y. Abe H ,(2002)" **Biol0214ogical mechanisms of drought stress response**". JIRCAS Working Rep, 23; 1-8

Yari L. Modares M.A and Soroushzade A. (2005)" **The effect of foliar application of Mn and Zn on qualitative characters in five spring safflower cultivars**". J. Water and Soil Sci. 18: 143-151.

Yen P.Y. Inskeep W.P and westerman R.L,(1988)" **Effects of soil moisture and phosphoruse**". Journal of Production Agriculture,250-26

Yi Y. L, Chaih S.T, (2007). "**Asia**". Pac. J. Clin., 17, 95



Yusuf R.I. and Bullock D.G, (1993)"**Effect of several production factors on two varieties of rapeseed in the Central United States**". Department of Agronomy, University of Illinois, Urbana, II.

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

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

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

## Abstract

Lack of water is one of the most important limiting factors of crop growth in arid and semi-arid areas. This factor, in addition to reduce growth and yield crop, causes the disorder of nutrient absorption. Therefore the application of nano-fertilizers in different environmental conditions is considered in crop production. So, in order to evaluate the effects of different concentrations of iron oxide nanoparticles on yield and quality characteristics of sesame (*Sesamum Indicum L.*) under drought stress, a split plot experiment based on randomized complete block design with three replications was conducted agricultural collage, university of shahrood. The experiment factors was included three levels of irrigation including  $a_1$  = control (irrigation 8 days),  $a_2$  = irrigation 12 days and  $a_3$  = irrigation 16 days as main plot and four levels foliar application of iron oxide nanoparticles including  $b_1$  = control (without any fertilizer),  $b_2$  = 0.5 kg per thousand liters as sub factor,  $b_3$  = 1 kg per thousand liters of water and  $b_4$  = 1/5 kg per thousand liters of water as subplots. The results showed the interaction between drought stress and iron oxide nanoparticles had significant effect on grain yield, biomass production, stomata conductance, chlorophyll b, the amounts of carotenoid in the leaves, grain protein, proline, catalase activity and seed iron content. The highest grain yield, biomass production and seed iron content were obtained at  $a_1b_3$  treatment, the highest stomata conductance was in  $a_1b_2$  and proline concentration was in  $a_3b_2$  treatment. The main effect of drought stress was significant on some characteristics such as the number of seeds per capsule, 1000-seeds weight and chlorophyll "a". In this study, the main effects of iron oxide nanoparticles was significant on guaiacol peroxidase activity and seed oil percent, while the drought stress and iron oxide nanoparticles, alone, had a negative effect on potassium of sesame seeds. Generally the results can be concluded, that iron oxide nanoparticles about 0.5 to 1 kg per thousand liters of water, could be able to prevent the adverse effect of drought stress on grain yield and quality characteristics of sesame by improving the physiological processes of Sesame plant under drought stress.

**Keyword:** drought stress, nano-fertilizers, Sesame



University of Shahrood  
Faculty of Agricultural  
Department of Agronomy

**Effects of drought stress and iron nanoparticles on qualitative yield and quantitative of sesame (*Sesamum indicum*. L).**

**Maryam Goleij**

Supervisor:

Dr. Mostafa Heidari

Advisors:

Dr. Mahdi Baradaran Firouzabadi

Dr. Hadi Ghorbani

September 2015