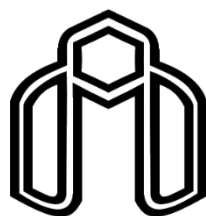


بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده کشاورزی

پایان نامه کارشناسی ارشد کشاورزی اکولوژیک

تأثیر اسپرمیدین بر رشد و عملکرد نخود در شرایط تنش خشکی

نگارنده: وحید شریفی

استاد راهنما

دکتر منوچهر قلی پور

استاد مشاور

دکتر حمید عباس دخت

دی ۱۳۹۶

شماره: ۱۳۰۰
تاریخ: ۱۳۹۶/۱۷/۱

باسمه تعالی



مدیریت تحصیلات تکمیلی

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

با نام و یاد خداوند متعال، ارزیابی جلسه دفاع از پایان نامه کارشناسی ارشد آقای وحید شریفی با شماره دانشجویی ۹۴۱۰۲۶۴ رشته کشاورزی گرایش آگرواکولوژی تحت عنوان تأثیر اسپرمیدین بر رشد و عملکرد نخود در شرایط تنش خشکی که در تاریخ ۹۶/۱۰/۱۱ با حضور هیأت محترم داوران در دانشگاه صنعتی شاهرود برگزار گردید به شرح ذیل اعلام می گردد:

☐ مردود ☐ قبول (با درجه: ☐ بسیار خوب)			
نوع تحقیق: ☐ نظری ☒ عملی			
عضو هیأت داوران	نام و نام خانوادگی	مرتبه علمی	امضاء
۱- استاد راهنمای اول	دکتر منوچهر قلی پور		
۲- استاد مشاور	دکتر حمید عباس دخت		
۳- نماینده تحصیلات تکمیلی	دکتر امین ابراهیمی		
۴- استاد ممتحن اول	دکتر حمید رضا اصغری		
۵- استاد ممتحن دوم	دکتر مهدی برادران		

نام و نام خانوادگی رئیس دانشکده:

تاریخ و امضاء و مهر دانشکده:

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

تقدیم به

بی بدیل ترین گنجینه های هستی

پدر عزیز و مادر گرانقدرم

تشکر و قدر دانی

سپاس خدای را که اول و آخر وجود است، خدایی که دست هر چشمی از دامن دیدارش کوتاه است و فهم هر کبوتر توصیفگری از پرواز در آسمان وصفش عاجز

سپاس خدای را که به ید قدرت بی منتهایش دریای آفرینش را جاری کرد و به اراده ازلی‌اش همه خلق را صورت بخشید، هر کس را در سایه اراده‌اش به راهی راهرو گردانید و آتش عشق خود را در وجودشان برانگیخت

اکنون که به حول قوه الهی و با استعانت از ذات باری تعالی و با کمک و مساعدت فرهیختگان عرصه علم و دانش این پایان نامه به اتمام رسید بر خود واجب دیدم از زحمات بی دریغ استادان، دوستان و عزیزانی که مرا در تهیه، نگارش و تنظیم این پایان نامه یاری نمودند تشکر و سپاسگذاری کنم.

استاد گرانقدر و فرهیخته جناب آقای دکتر منوچهر قلی پور که در تمام طول تحصیل و نیز تمام مراحل تهیه پایان نامه یار و مددکار این حقیر بودند و مرا با راهنمایی‌های مجدانه و دلسوزانه یاری نمودند کمال تشکر و قدر دانی را دارم و از خداوند متعال پیروزی و کامیابی در تمام مراحل زندگی را برای ایشان خواستارم. از حضور استاد گرانقدر، جناب آقای دکتر حمید عباس دخت که با همکاری و راهنمایی‌های سازندشان مرا در مراحل تهیه و تنظیم پایان نامه یاری نمودند و وظیفه استاد مشاور مرا به عهده داشتند کمال سپاسگذاری را دارم.

و از خانواده‌ام، به خصوص پدر و مادر عزیزم سپاسگذارم که در تمام مراحل زندگی پشتوانه‌ای گرم برای من بودند. همچنین از دوستان خوبم مهندس عظیم سجادی و مهندس حسین نوروزی و همه بزرگوارانی که مرا در انجام این پژوهش یاری نمودند سپاسگذارم.

وحید شریفی

دی ماه ۱۳۹۶

تعهد نامه

اینجانب وحید شریفی دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته آگرواکولوژی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه اثر اسپرمیدین بر رشد و عملکرد نخود در شرایط تنش خشکی تحت راهنمایی جناب آقای دکتر منوچهر قلی پور متعهد می شوم .

تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است .

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

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

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

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی اثر اسپرمیدین و تنش خشکی (دور آبیاری) بر رشد و عملکرد گیاه نخود در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود در سال ۱۳۹۵ به صورت اسپلیت پلات بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار اجرا گردید که در آن، تنش خشکی در پلات‌های اصلی توزیع گردید و پلات‌های فرعی به اسپرمیدین اختصاص داده شد. سطوح تنش خشکی (دور آبیاری) شامل شاهد (دور آبیاری ۷ روز؛ D0) تنش ملایم (دور آبیاری ۱۰ روز؛ D1)، تنش شدید (دور آبیاری ۱۳ روز؛ D2) و سطوح اسپرمیدین شامل: شاهد (SP0) پاشش آب معمولی بر گیاه، ۰/۳ میلی مولار (SP1) و ۰/۶ میلی مولار (SP2) محلول پاشی است. تا استقرار گیاه، هیچ تنشی به گیاه وارد نشد. محلول پاشی در مراحل (الف) ۴ برگ، (ب) گلدهی و (ج) شیری شدن دانه انجام شد. برخی صفات مورد بررسی شامل عملکرد و اجزای عملکرد، عملکرد بیولوژیک، تعداد غلاف در بوته، کلروفیل برگ و فعالیت آنزیم‌های گایاکول پراکسیداز و کاتالاز می‌باشد. نتایج نشان داد که اعمال تنش خشکی (افزایش دور آبیاری) باعث کاهش عملکرد دانه و سایر صفات مورد بررسی شد. این در حالی است که دور آبیاری ۱۳ روز افزایش درصد پروتئین دانه را به دنبال داشت. اسپرمیدین توانست تأثیر منفی تنش خشکی را بر بسیاری از صفات گیاه از جمله عملکرد دانه تقلیل دهد. لازم به ذکر است که اثر متقابل فاکتورهای اصلی تنش (دور آبیاری) و اسپرمیدین در بیشتر صفات مانند عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و وزن صد دانه و کلروفیل برگ معنی‌دار گردید.

واژه‌های کلیدی: عملکرد بیولوژیک، کلروفیل برگ، عملکرد دانه، پروتئین دانه، کاتالاز

فهرست مطالب

فصل اول: مقدمه	۱
فصل دوم: مروری بر منابع	۵
۱-۲- نخود (اهمیت و موارد مصرف)	۶
۲-۲- تاریخچه و اهلی شدن	۷
۳-۲- گیاه شناسی و مورفولوژی	۸
۴-۲- شرایط لازم برای رشد گیاه	۹
۴-۲-۱- دما	۹
۴-۲-۲- خاک	۱۰
۴-۳-۲- رطوبت	۱۰
۵-۲- زمان کاشت نخود	۱۱
۶-۲- عملیات زراعی	۱۱
۷-۲- نیازهای غذایی نخود	۱۲
۷-۲-۱- نیتروژن	۱۲
۷-۲-۲- فسفر	۱۳
۷-۲-۳- پتاسیم	۱۴
۷-۲-۴- سایر عناصر غذایی	۱۴
۸-۲- تنش خشکی	۱۴
۹-۲- اهمیت تنش خشکی	۱۶
۱۰-۲- اثرات تنش خشکی	۱۷
۱۱-۲- مکانیسمهای مقاومت به خشکی	۲۰
۱۱-۲-۱- فرار از خشکی	۲۲

۲۳	۲-۱۱-۲-اجتناب از پسایدگی
۲۳	۲-۱۱-۳-تحمل پسایدگی
۲۴	۲-۱۲-تنظیم اسمزی
۲۵	۲-۱۳-محلول پاشی
۲۶	۲-۱۴-هورمونها و تنظیم کننده‌های رشد گیاهی
۲۸	۲-۱۵-جاسمونیک اسید
۲۹	۲-۱۶-سالیسیلیک اسید
۳۰	۲-۱۷-پلی آمینها
۳۰	۲-۱۷-۱-تعریف و اهمیت ترکیبات پلی آمین
۳۱	۲-۱۷-۲-انواع پلی آمین
۳۱	۲-۱۷-۳-بیوسنتز ترکیبات پلی آمین
۳۱	۲-۱۷-۴-تأثیر ترکیبات پلی آمین بر رشد گیاه در شرایط تنش
۳۳	۲-۱۷-۵-تأثیر محلول پاشی ترکیبات پلی آمین بر کاهش ریزش جوانه های گل در درختان میوه
۳۴	۲-۱۸-آنزیمها
۳۵	۲-۱۹-اجزای عملکرد نخود
۳۷	فصل سوم:
۳۷	مواد و روشها
۳۸	۳-۱-زمان و محل اجرای آزمایش
۳۸	۳-۲-موقعیت جغرافیایی و مشخصات آب و هوایی محل اجرای آزمایش
۳۸	۳-۳-مشخصات خاک محل اجرای آزمایش
۳۹	۳-۴-مشخصات طرح آزمایش
۴۰	۳-۵-مشخصات پلاتها
۴۰	۳-۶-آماده سازی زمین

۴۱	۷-۳-مراحل اجرای آزمایش.....
۴۱	۷-۳-۱-کاشت بذر.....
۴۱	۷-۳-۲-داشت و مبارزه با علفهای هرز و آفات.....
۴۱	۷-۳-۸-آبیاری.....
۴۱	۷-۳-۹-محلول پاشی.....
۴۲	۷-۳-۱۰-نمونه برداری.....
۴۲	۷-۳-۱۰-۱-نمونه برداری شاخه های زراعی.....
۴۲	۷-۳-۱۱-اندازه گیری اجزای عملکرد.....
۴۳	۷-۳-۱۲-اندازه گیری کلروفیل.....
۴۴	۷-۳-۱۳-صفات کیفی.....
۴۴	۷-۳-۱۳-۱-اندازه گیری میزان نیتروژن و پروتئین دانه.....
۴۵	۷-۳-۱۴-اندازه گیری فعالیت آنزیم کاتالاز (CAT).....
۴۶	۷-۳-۱۵-اندازه گیری آنزیم گایاکول پراکسیداز.....
۴۷	۷-۳-۱۶-تجزیه آماری نتایج.....
۴۹	فصل چهارم:.....
۴۹	نتایج و بحث.....
۵۰	۴-۱-ارتفاع بوته.....
۵۲	۴-۲-تعداد شاخه فرعی.....
۵۴	۴-۳-وزن خشک اندام هوایی (عملکرد بیولوژیکی).....
۵۶	۴-۴-عملکرد دانه.....
۵۸	۴-۵-تعداد دانه در بوته.....
۵۹	۴-۶-تعداد غلاف در بوته.....
۶۱	۴-۷-تعداد دانه در غلاف.....

۶۲	۴-۸- وزن صد دانه.....
۶۵	۴-۹- کلروفیل برگ.....
۶۷	۴-۱۰- پروتئین دانه.....
۶۸	۴-۱۱- آنزیم گایاکول پراکسیداز.....
۷۰	۴-۱۲- آنزیم کاتالاز.....
۷۳	نتیجه گیری کلی.....
۷۴	پیشنهادهات.....
۷۵	فهرست منابع.....

فهرست شکل ها

- شکل ۴-۱- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی و اسپرمیدین بر ارتفاع بوته ۵۱
- شکل ۴-۲- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی و اسپرمیدین بر تعداد شاخه فرعی ۵۳
- شکل ۴-۳- نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی و اسپرمیدین بر عملکرد بیولوژیکی ۵۵
- شکل ۴-۴- نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی و اسپرمیدین بر عملکرد دانه ۵۷
- شکل ۴-۵- اثر متقابل تنش خشکی و اسپرمیدین بر تعداد دانه در بوته ۵۹
- شکل ۴-۶- مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی و اسپرمیدین بر تعداد غلاف در بوته ۶۰
- شکل ۴-۷- مقایسه میانگین اثر تنش خشکی بر تعداد دانه در غلاف ۶۲
- شکل ۴-۸- مقایسه میانگین اثرات متقابل تنش خشکی و اسپرمیدین بر وزن صد دانه ۶۴
- شکل ۴-۹- مقایسه میانگین میزان کلروفیل برگ برای ترکیبات تیماری سه سطح تنش خشکی و سطوح اسپرمیدین ۶۶
- شکل ۴-۱۰- مقایسه میانگین درصد پروتئین دانه در سطوح مختلف تنش خشکی ۶۸
- شکل ۴-۱۱- مقایسه میانگین درصد پروتئین دانه در سطوح مختلف اسپرمیدین ۶۸
- شکل ۴-۱۲- مقایسه میانگین میزان کلروفیل برگ برای ترکیبات تیماری سه سطح تنش خشکی و سطوح اسپرمیدین ۷۰
- شکل ۴-۱۳- مقایسه میانگین فعالیت آنزیم کاتالاز در سطوح مختلف اسپرمیدین ۷۲
- شکل ۴-۱۴- مقایسه میانگین فعالیت آنزیم کاتالاز در سطوح مختلف تنش خشکی ۷۲

فهرست جداول

- جدول ۳-۱: نتایج تجزیه شیمیایی و فیزیکی خاک مزرعه ۳۹
- جدول ۴-۱: تجزیه واریانس اثر تنش خشکی و اسپرمیدین بر ارتفاع بوته ۵۱
- جدول ۴-۲: نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی و اسپرمیدین بر تعداد شاخه فرعی ۵۳
- جدول ۴-۳: نتایج تجزیه واریانس داده‌های حاصل از تاثیر اسپرمیدین و تنش خشکی بر عملکرد بیولوژیک ۵۵
- جدول ۴-۴: نتایج تجزیه واریانس داده‌های حاصل از تاثیر اسپرمیدین و تنش خشکی بر عملکرد دانه ۵۷
- جدول ۴-۵: تجزیه واریانس تاثیر تنش خشکی و اسپرمیدین بر تعداد دانه در بوته ۵۸
- جدول ۴-۶: نتایج تجزیه واریانس اثر تنش خشکی و اسپرمیدین بر تعداد غلاف در بوته ۶۰
- جدول ۴-۷: نتایج تجزیه واریانس اثر تنش خشکی و اسپرمیدین بر تعداد دانه در غلاف ۶۱
- جدول ۴-۸: نتایج تجزیه واریانس اثرات تنش خشکی و اسپرمیدین بر وزن صد دانه ۶۴
- جدول ۴-۹: نتایج تجزیه واریانس تاثیر تنش خشکی و اسپرمیدین بر کلروفیل برگ ۶۶
- جدول ۴-۱۰: مقایسه میانگین درصد پروتئین دانه در سطوح مختلف اسپرمیدین در شرایط تنش خشکی ۶۷
- جدول ۴-۱۱: نتایج تجزیه واریانس تاثیر تنش خشکی و اسپرمیدین بر فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز ۶۹
- جدول ۴-۱۲: نتایج تجزیه واریانس تاثیر تنش خشکی و اسپرمیدین بر فعالیت آنزیم کاتالاز ۷۱

فصل اول: مقدمه

حبوبات نقش مهمی در تامین نیازهای غذایی جوامع بشری بویژه در کشورهای در حال توسعه آسیایی، آفریقایی و آمریکای لاتین دارند. در اکثر کشورهایی که با کمبود مواد غذایی رو برو هستند، کیفیت و کمیت پروتئین مسئله اساسی تغذیه است (جلیلیان و همکاران، ۱۳۸۴). یکی از مهمترین منابع سرشار از پروتئین به حبوبات تعلق دارد. این گیاهان همچنین از نظر حاصلخیزی خاک حائز اهمیت بوده و سالیانه مقادیر قابل توجهی ازت اتمسفری را تثبیت می-کنند. نخود گیاهی با نام علمی *Cicer arietinum* از خانواده حبوبات و علفی، یک ساله، کرک دار، و روز بلند است که تقریباً ۲۵ تا ۵۰ سانتی متر ارتفاع دارد. ریشه آن به خوبی منشعب می شود و تا عمق ۱ الی ۲ متری خاک نفوذ می کند. ساقه آن مستقیم، استوانه‌ای و پرزدار است. برگ‌های آن مرکب، متناوب که حدود ۵ سانتی متر طول داشته و دارای ۹ تا ۱۵ جفت برگچه با یک برگچه منفرد در انتها است. در بین حبوبات نخود دومین محصول جهانی است که در ۴۸ کشور جهان با سطحی بیش از ۱۱ میلیون هکتار و تولیدی بیش از ۸ میلیون تن با درصد پروتئین بالا (۲۲-۲۴ درصد) کشت می شود (زارعی و همکاران، ۱۳۷۶). در حال حاضر در اکثر نقاط دنیا، نخود به دلیل اهمیت راهبردی آن در تولید پروتئین‌های گیاهی، کشت می‌شود. تنش‌های زنده و غیرزنده، محدود کننده‌ی رشد و عملکرد گیاهان در بسیاری از نقاط دنیا هستند و به همین دلیل اختلافات قابل توجهی در عملکرد این محصول در مناطق مختلف قابل مشاهده شده است.

زراعت نخود در ایران از زمان‌های قدیم متداول بوده و در حال حاضر نیز در اکثر نقاط کشور، به استثنای نواحی مرطوب شمال، کشت آن مرسوم است. در غرب کشور بویژه در

استان‌های کرمانشاه، کردستان و زنجان نخود از زراعت‌های عمده به شمار می‌رود. نخود معمولاً به صورت دیم و بدون آبیاری کشت می‌شود (کوچکی و بنایان، ۱۳۸۶).

پایین بودن عملکرد نخود در کشور غالباً به دلیل کشت ارقام کم محصول و حساسیت آن به تنش‌های محیطی مختلف بوده و تنش خشکی به عنوان مهمترین تنش غیر زنده در کاهش عملکرد این گیاه مطرح شده است (باقری و همکاران، ۱۳۸۰). بررسی‌ها نشان داده که تنش خشکی به تنهایی علت کاهش ۵۰ درصد عملکرد نخود است (ساکسنا، ۲۰۰۳). نخود از جمله گیاهانی است که از لحاظ ساختار مورفوفیزیولوژیکی، دارای نوع ژنتیکی غنی است که می‌توان از تنوع موجود در جهت انتخاب و اصلاح ارقام مقاوم به تنش‌های محیطی، به خصوص تنش خشکی سود جست و به ارقام متناسب با شرایط محیطی منطقه و دارای عملکرد کمی و کیفی بالا دست یافت (مورگان و همکاران، ۱۹۹۱). با این وجود به دلیل حساسیت اغلب ارقام و ژنوتیپ‌های موجود به تنش‌های مختلف زیستی و غیر زیستی عملکرد آن کم و ناپایدار است، به نحوی که با وجود افزایش ۸ برابری تولید غلات در سه دهه گذشته، افزایش عملکرد این گیاه محسوس نبوده است (باقری و همکاران، ۱۳۸۰). در شرایط کمبود آب در گیاهان تغییرات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی رخ می‌دهد. بررسی این تغییرات از نظر شناخت چگونگی مقاومت گیاهان در مقابل تنش خشکی اهمیت دارد. املاح آلی می‌توانند جهت حفاظت از ساختارهای زیرسلولی در داخل سلول افزایش یابند و باعث کاهش آسیب اکسیداتیو ناشی از رادیکال‌های آزاد و حفظ فعالیت آنزیم‌های مختلف در شرایط استرس‌های محیطی شوند (اشرف و فولاد، ۲۰۰۷). آزمایشات زیادی در جهت تعیین تحمل به خشکی در نخود انجام شده است. طی آزمایشی برای تعیین اثر یک یا دو آبیاری در نخود این طور نتیجه گیری شده است که آبیاری درحین پرشدن نیام، ۲۵ درصد عملکرد نخود را افزایش می‌دهد. این امر مبین آن است که

محصول دانه نخود عمدتا در اثر خشکی کاهش پیدا می کند (بالدیو ، ۱۹۸۸). برای افزایش تولید و بالا بردن مقاومت گیاهان در مقابله با تنش خشکی از روش های گوناگون استفاده شده است، اما به کارگیری مستمر و زیاد این روش ها موجب تغییر در خواص فیزیکی و شیمیایی خاک شده است و در چند دهه اخیر مصرف نهاده های شیمیایی در اراضی کشاورزی موجب معضلات زیست محیطی عدیده ای از جمله آلودگی منابع، افت کیفیت محصولات کشاورزی و کاهش حاصل خیزی خاک ها گردیده است .تنش آب از طریق کاهش سطح برگ، بسته شدن روزنه ها، کاهش در قابلیت هدایت روزنه ها، و کاهش سرعت فتوسنتز، عملکرد را کاهش می دهد. کاهش سنتز پروتئین و کلروفیل سبب تقلیل فرآیند فتوسنتز می گردد. کاربرد خارجی ترکیبات مختلف شامل محلول های آلی مانند اسمولیت های آلی و تنظیم کننده های رشد و مواد معدنی یک راهکار و البته یک مکانیسم سریع افزایش مقاومت به خشکی در گیاهان است. از جمله اسمولیت های با وزن مولکولی کم می توان به پرولین، گلیسین بتائین و پلی آمین ها اشاره نمود پلی آمین ها پلی کاتیون های مهمی هستند که در مراحل نمو گیاه در فرآیندهای فیزیولوژیکی مشارکت دارند. پلی آمین ها در القای تقسیم سلولی، نمو گل، میوه و دانه نقش ایفا می کنند. مهمترین پلی آمین ها شامل اسپرمیدین (تری آمین)، اسپرمین (تترا آمین) و پیش ساز آنها پوترسین (دی آمین) است. اخیرا نقش پلی آمین ها در افزایش تحمل گیاه به تنش های غیر زیستی ، از جمله خشکی مورد توجه قرار گرفته است (گالستون و همکاران، ۱۹۹۵).

فصل دوم: مروری بر منابع

۲-۱- نخود (اهمیت و موارد مصرف)

لگوم (Legume) کلمه‌ای یونانی به معنی بذرهای تشکیل شده در غلاف یا نیام می‌باشد. لگوم خوراکی به غلاف‌های نارس حبوبات، بذرهای خشک و خوراکی گیاهان خانواده لگومینوز اطلاق می‌گردد (سامرفیلد و همکاران، ۱۹۸۰). حبوبات به عنوان یکی از مهمترین منابع گیاهی غنی از پروتئین بعد از غلات، دومین منبع مهم غذایی انسان به شمار می‌رود، این گیاهان با تثبیت نیتروژن ضمن بهبود حاصلخیزی خاک، به صورت گیاهان پوششی و یا در تناوب با بسیاری از گیاهان زراعی در جلوگیری از فرسایش خاک موثر بوده و نقش مهمی در پایداری نظام‌های کشاورزی ایفا می‌نمایند و برای تنوع بخشی به نظام‌های کشت مبتنی بر غلات به عنوان محصولات ممتاز در نظر گرفته می‌شوند. علاوه بر آن گیاهان کم توقع‌اند که برای کشت در نظام‌های زراعی کم نهاده مطلوب هستند و لذا از نظر اکولوژیکی و زیست محیطی، ارزش مهمی در جلوگیری از افزایش آلودگی اراضی دارند (پارسا و باقری، ۱۳۸۷). مصرف سرانه حبوبات در کشور ایران ۴/۸ کیلوگرم است، اگرچه مصرف آن از متوسط جهانی (۶/۱ کیلوگرم) پایین تر است، ولی در عین حال نقش مهمی در تغذیه مردم ایفا می‌نماید (اهدایی، ۱۳۷۲). با کمبود پروتئین در جهان نقش این محصولات روشن تر می‌شود. به طور متوسط دانه حبوبات دارای ۱۸-۳۲٪ پروتئین می‌باشند که ۲-۳ برابر پروتئین غلات ۱۰-۲۰ برابر پروتئین گیاهان غده‌ای است. یکی از مهمترین راه حل‌های رفع کمبود پروتئین در کشورهای در حال توسعه افزودن پروتئین حبوبات به عنوان بر طرف کننده نقص پروتئین غلات بوده که در بین حبوبات، نخود بیشترین مقبولیت غذایی را دارد. حبوبات همچنین مقادیر کمی ویتامین‌های کاروتئین، ریبوفلاوین (پیش ماده ویتامین آ)، اسیدآسکوربیک (ویتامین ث)، نیاسین و تیامین دارند و از نظر عناصر معدنی آهن و کلسیم نیز غنی می‌باشند. سطح زیر کشت حبوبات حدود ۶۹/۳ میلیون هکتار با تولید ۳/۴ میلیون تن گزارش شده است. در این گزارش سطح زیر کشت نخود ۱۱/۹۸ میلیون هکتار با تولید حدود ۱۰/۸۹۳ میلیون تن و متوسط عملکرد ۹۰۹/۵ کیلو گرم در هکتار بیان شده است (فائو ۲۰۱۱). در ایران سطح زیر کشت حبوبات ۸۶۸۷۵۶ هکتار معادل ۶/۹۹ درصد اراضی زیر کشت است که ۸۵/۴۱ درصد آن

دیم و ۱۴/۵۹ درصد آبی می‌باشد. نخود با ۶۴/۴۸ درصد، عدس با ۲۱/۸۳ درصد و لوبیا با ۱۰/۸۱ درصد بیشترین سطح زیر کشت را به خود اختصاص داده‌اند. استان کرمانشاه با ۱۵/۹۵ درصد بیشترین و استان بوشهر با کمتر از ۰/۰۱ درصد کمترین سطح زیر کشت حبوبات را دارا می‌باشند. تولید حبوبات ایران معادل ۵۰۸ هزار تن است که ۴۴/۱۷ درصد آن مربوط به اراضی آبی و ۵۵/۸۳ درصد آن حاصل اراضی دیم است. نخود با ۴۱/۱۵ درصد و لوبیا ۳۵/۷۲ درصد به ترتیب در رتبه اول و دوم تولید حبوبات کشور قرار دارند. متوسط عملکرد نخود کشور در کشت آبی ۱۱۱۱/۴۸ کیلو گرم و در کشت دیم ۳۵۶/۸۸ کیلو گرم در هکتار است (آمار نامه کشاورزی، ۱۳۸۹). ایران چهارمین رتبه را از نظر سطح زیر کشت نخود در جهان بعد از هند، پاکستان و ترکیه دارا است (صبغ پور و همکاران، ۱۳۸۳). ۹۵ درصد سطح زیر کشت نخود در شرایط دیم است.

نخود از گیاهان مهم فصل خشک مناطق نیمه حاره شبه قاره هند و یکی از سه لگوم مهم غرب آسیا و شمال آفریقا است. این گیاه بومی آسیای غربی و احتمالاً از این منطقه به اروپا و هندوستان انتشار یافته است (موهل باور و تولو، ۱۹۹۷).

۲-۲- تاریخچه اهلی شدن

نخود یک محصول قدیمی است که اولین ثبت تاریخ آن از خاور میانه به سال ۶۲۵۰ قبل از میلاد بر می‌گردد. این محصول به کشورهای دیگر با شرایط آب و هوایی خشک، نیمه خشک و نیمه گرمسیری گسترش یافت. زمان تغذیه از نخود ممکن است به هفت تا هشت هزار سال قبل از میلاد همراه با گندم، جو و عدس باز گردد. بذور نخود در موارد نادری در مکان‌های ماقبل تاریخ در خاور نزدیک یافت شده است. گفته می‌شود که اهلی شدن آن در هلال حاصلخیز شرق صورت گرفته است و از آنجا طی دوره‌ای بیش از ۳۰۰۰ سال قبل از میلاد به ناحیه مدیترانه‌ای توسعه یافته است. نخود باستانی در دوره اولیه اهلی شدن با

بذور بسیار کوچک شبیه به فرم‌های وحشی آن یافت شده است. احتمالاً انسان عامل انتخاب بذور درشت تر طی فرآیندهای بعدی اهلی شدن بوده است.

در بین بوته‌های نخود تیپ‌های متفاوتی وجود دارد و در بین آنها از تیپ اجداد وحشی *Creticulatum* تا تیپ رشدی ایستاده‌تر و تا حدی بذور و غلاف‌های درشت‌تر دیده می‌شود. در طول تکامل اهلی شدن، گرایشی به سمت اشکال زراعی برای ژنوتیپ‌های گل سفید و دانه کرم با پوسته بذر صاف تر وجود داشته است.

۲-۳- گیاه‌شناسی و مورفولوژی

نخود زراعی یا معمولی با نام علمی *Cicer arietinum* L. متعلق به تیره Fabaceae و زیر رده Papilionaceae پروانه‌آسا می‌باشد (موهل باور و تولو، ۱۹۹۷). گیاهی دیپلوئید با $2n=2x=16$ کروموزوم و خود بارور است. نخود گیاهی مقاوم به خشکی است که نیاز به اقلیمی خشک و سرد دارد و دارای دو تیپ زمستانه و بهاره است. تیپ زمستانی آن دارای دانه‌های ریز بوده و بیشتر در ممالک شرقی آسیا و ایران کشت می‌شود. این دسته از گیاهان کوچک با گل‌های صورتی هستند. دانه‌های آنها به رنگ‌های مختلف بوده و دارای زنگیزه آنتوسیانین می‌باشند. تیپ تابستانه آن دارای دانه‌های درشت و به رنگ کرم است. این تیپ نخود در کشورهای غرب آسیا و همچنین ایران کشت می‌شود. این دسته از گیاهان فاقد آنتوسیانین بوده و گل‌های آن سفید است. این تیپ نخود به تیپ مدیترانه‌ای هم مشهور می‌باشد. نخود نه تنها دمای بالا، بلکه دمای پایین را نیز به خوبی تحمل می‌کند. جوانه زنی بذرهای آن در دمای ۲ تا ۵ درجه سانتی گراد آغاز می‌شود و دمای مطلوب برای رشد آن ۲۰ تا ۳۰ درجه سانتی گراد است (اشرف و صیادیان ۲۰۰۷). نخود گیاهی یک ساله با تیپ بوته ایستاده، نیمه ایستاده یا خوابیده به ارتفاع ۲۰ تا ۱۰۰ سانتی متر است و دارای ترک‌ها و پرزهای غده‌دار و بوته آن به رنگ سبز زیتونی تا سبز متمایل به آبی است. بوته

نخود ممکن است دارای شاخه‌دهی کم یا زیاد باشد. سیستم ریشه‌ای نخود قوی است و قادر است آب را از اعماق بیشتر از ۱۵۰ سانتی متر خاک جذب کند اما بیشترین جذب آب از عمق ۶۰ سانتی متری خاک که بیشتر ریشه‌ها در آنجا متمرکز شده‌اند انجام می‌پذیرد (کوچکی، ۱۳۶۴). نخود در نیم کره شمالی بین مدار ۲۰ تا ۴۰ درجه عرض شمالی کشت می‌شود و در سطح محدودی نیز بین ۱۰ تا ۲۰ درجه عرض شمالی در ارتفاعات نسبتاً زیاد هندوستان و اتیوپی به کشت این گیاه اختصاص یافته است (باقری و همکاران، ۱۳۸۰).

۲-۴- شرایط لازم برای رشد گیاه

همانطور که قبلاً گفته شد، عمدتاً گیاه نخود در نیم کره شمالی و بین مدار ۲۰ تا ۴۰ درجه عرض شمالی کشت می‌شود و ایران در عرض‌های جغرافیایی بین ۲۶ تا ۳۸ درجه قرار گرفته است. نخود در نواحی گرمسیری نیمه خشک، بیشتر بین مدار ۳۰-۲۰ درجه شمالی رشد می‌کند (سینگ، ۱۹۹۱). مهمترین عوامل محیطی موثر بر رشد نخود عبارتند از:

۲-۴-۱- دما

حرارت مناسب رشد و نمو آن بین ۳۰-۲۰ درجه سانتی گراد می‌باشد. حداقل دمای جوانه زنی برای نخود ۵-۶ درجه و مناسب ترین دما ۱۲-۹ درجه سانتی گراد است. با افزایش دما سرعت جوانه زدن بذر افزایش می‌یابد. حداقل درجه حرارت برای رشد اندام‌های رویشی ۵-۶ درجه و مناسب ترین دما ۱۷-۱۸ درجه سانتی گراد است. حرارت مناسب در مرحله زایشی ۲۱-۱۷ و برای دوره غلاف و بذر دهی ۲۴-۲۰ درجه سانتی گراد است. نخود تا حدود زیادی شرایط نا مساعد محیطی مانند خشکی، گرما و سرما را تحمل می‌کند، بیشتر ارقام نخود زراعی سرمای ۱۲-۱۰ درجه سانتی گراد زیر صفر را به خوبی تحمل می‌کنند. در مناطق معتدله و سردسیر کشور بهتر است نخود در بهار زودتر کشت شود تا از نزولات بهاره استفاده کامل را ببرد، سرمای اوایل بهار به بوته‌ها آسیبی نمی‌زند، اما چنانچه در بهار دیر کاشته شود نه تنها میزان محصول به شدت کاهش می‌یابد بلکه میزان غذایی موجود در بذر نیز کم می‌شود.

۲-۴-۲- خاک

گیاه نخود قادر است در دامنه وسیعی از خاک‌ها رشد نماید، نخود بیشتر از سایر حبوبات شوری خاک را تحمل می‌کند ولی در خاک‌های سنگین محصول خوبی نمی‌دهد زیرا به تهویه نامناسب و رطوبت زیاد خاک خیلی حساس است. در خاک‌هایی که زهکشی نامناسبی دارند ریشه نخود به خوبی رشد نمی‌کند و ممکن است بوته‌ها دچار بیماری پوسیدگی ریشه و طوقه شوند، خاک‌های شنی رسی، لوم‌رسی با کمی آهک و عاری از نمک‌های محلول مناسب رشد نخود است. خاک‌هایی با اسیدیته ۵/۵-۶/۸ برای رشد آن مناسب می‌باشد (مجنون حسینی، ۱۳۸۷).

۲-۴-۳- رطوبت

در زراعت‌های دیم و یا در کوهپایه‌ها محصول نخود به کمک رطوبت ذخیره شده خاک و بارندگی‌های فصل، کشت و کار می‌شود. کشت دیم نخود با ۶۰۰-۹۰۰ میلی متر بارندگی مناسب می‌باشد، ولی در مناطقی با کمتر از ۴۰۰ میلی متر بارندگی آبیاری تکمیلی در کشت نخود سودمند است (مجنون حسینی، ۱۳۸۷). به طور کلی نخود بین ۱۱۰-۲۴۰ میلی‌متر آب مصرف می‌کند تا حدود ۹۰۰ تا ۳۰۰۰ کیلو گرم در هکتار بذر تولید کند (کوچکی و بنایان اول، ۱۳۸۶). در زراعت آبی، بلافاصله بعد از کاشت مزرعه را آبیاری می‌کنند و نوبت‌های بعدی آبیاری در صورت وجود بارندگی کافی تا هنگام به گل نشستن در فصل بهار ممکن است به تعویق افتد. ۳-۴ مرتبه آبیاری به فاصله هر ۷-۱۰ روز یک بار از شروع گلدهی تا رسیدن دانه‌ها لازم می‌باشد و آبیاری بیشترین اثر خود را مرحله گلدهی نشان می‌دهد (کوچکی و بنایان اول، ۱۳۸۶).

۲-۵- زمان کاشت نخود

فصل کاشت نخود در مناطق کم ارتفاع و عرض‌های جغرافیایی پایین، در پاییز (آبان ماه) یا اوایل زمستان (در کشت انتظاری) است. در کشت انتظاری با شروع فصل سرما (زمستان) کشت انجام می‌شود در طول فصل زمستان به دلیل پایین بودن دمای خاک، بذر جوانه نزده و به مجرد گرم شدن هوا در اواخر زمستان بذور جوانه می‌زنند. از مشکلات اساسی در کشت انتظاری رقابت شدید علف‌های هرز هنگام گرم شدن هوا و سبز شدن محصول است که در این حالت نیاز به کنترل شیمیایی و موثر علف‌های هرز می‌باشد (باقری و همکاران، ۱۳۷۶).

۲-۶- عملیات زراعی

گیاه نخود بر روی اکثر خاک‌ها بویژه خاک‌های لومی که به اندازه کافی دارای آهک هستند رشد می‌کند. استفاده صحیح از کود دامی می‌تواند عملکرد نخود را افزایش دهد. این گیاه برای افزایش محصول به کودهای فسفر، پتاس و آهک نیاز دارد. آهک را باید قبل از کاشت استفاده کرد و به طور کامل با لایه شخم خاک مخلوط شود. بهتر است آن را همراه با شخم پائیزه با خاک مخلوط کرد. در موقع کاشت نخود حدود ۲۰ کیلوگرم ازت در هکتار استفاده می‌شود. واکنش نخود به فسفر متغیر است جایی که آب عامل محدود کننده‌ای برای رشد گیاه باشد معمولاً به فسفر واکنش نشان می‌دهد حتی اگر خاک از نظر فسفر در دسترس گیاه فقیر باشد.

برای دستیابی به حداکثر عملکرد، نخود به مقدار کافی گوگرد نیاز دارد زیرا بدون گوگرد قادر به تثبیت ازت به میزان لازم نخواهد بود. نخود به شوری خاک بسیار حساس است، جوانه‌زنی ضعیف در خاک‌های شور منجر به عدم یکنواختی در سبز شدن آن می‌شود. دانه‌های نخود در خاک‌های شور پروتئین کمتری داشته و درصد جوانه‌زنی کاهش می‌یابد. کاشت نخود در فاصله بین ماه‌های اسفند و اردیبهشت انجام

می‌شود. شخم خاک در صورتیکه زمین تحت فرسایش نباشد در پائیز انجام می‌شود، تا ضمن نرم شدن خاک امکان کاشت گیاه در بهار زودتر فراهم شود. عمق شخم باید حدود ۱۰ تا ۱۲ سانتی متر باشد.

تناوب: نخود را در تناوب پس از ذرت قرار می‌دهند، ترتیب تناوب معمول، ذرت، نخود، غلات دانه ریز و یک گیاه علوفه‌ای است. کشت مداوم نخود باعث افزایش بیماری و مشکل حشرات می‌شود. لذا در یک مزرعه هر ۴ الی ۵ سال یکبار باید اقدام به کشت نخود کرد.

آبیاری: آبیاری به موقع و منظم یکی از عملیات لازم داشت نخود است. نخود همچنان که از کم آبی صدمه می‌بیند زیادی آب نیز اثر منفی بر عملکرد آن دارد. فواصل بین آبیاری گیاه در هر منطقه را باید با در نظر گرفتن وضعیت اقلیمی و شرایط گیاه تعیین کرد.

۷-۲- نیازهای غذایی نخود

استفاده صحیح از کود می‌تواند باعث افزایش عملکرد شود. این گیاه معمولاً برای افزایش محصول به کودهای فسفر، پتاس دار و آهک دار نیاز دارد. مقدار کل نیتروژن، فسفر و پتاسیم جذب شده از خاک توسط نخود به ترتیب حدود ۶۰-۲۰۰، ۱۴-۸ و ۶۰-۱۶۰ کیلوگرم در هکتار بوده که با توجه به مقدار محصول متفاوت خواهد بود.

۷-۲-۱- نیتروژن

نخود به کود نیتروژن به مقدار زیاد نیاز ندارد زیرا قادر به تثبیت نیتروژن هوا و تامین بخشی از نیتروژن مورد نیاز خود می‌باشد. اما چنانچه در زمین اولین بار کشت گردد باید قبل از کاشت بذرها با گونه مناسب

ریزوبیوم تلقیح شوند. به طور کلی در موقع کاشت نخود حدود ۲۵-۱۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار مصرف می‌شود (مجنون حسینی، ۱۳۸۷). علائم کمبود نیتروژن در نخود شامل کلروزه شدن برگ‌های پیر می‌باشد. این علائم معمولاً زمانی ظاهر می‌شود که تثبیت بیولوژیک دچار نقصان شده باشد یا میزان نیتروژن در خاک پایین باشد. دیگر علائم کمبود نیتروژن شامل ایجاد رنگدانه‌های زرد در ساقه‌ها و سطوح بالایی برگ‌های قدیمی است.

۲-۷-۲- فسفر

واکنش نخود به فسفر متغیر است. جایی که آب عامل محدود کننده‌ای برای رشد گیاه باشد معمولاً گیاه به فسفر واکنش نشان می‌دهد حتی اگر خاک از نظر فسفر در دسترس گیاه فقیر نباشد. آزمایشات در انستیتو تحقیقات زراعی در مناطق نیمه خشک حاره نشان داده است که نخود هنگامی که در خاک تنها ۲ ppm فسفر قابل دسترس وجود داشته باشد کمبودی نشان نمی‌دهد. به نظر می‌رسد یا نیاز به فسفر در این گیاه کم است یا جذب فسفر از خاک توسط نخود بسیار کارآمد است، به هر حال حدود ۹۰ کیلوگرم فسفر در هر هکتار بدون تماس بذر و در عمقی پایین تر از آن مصرف می‌شود (کوچکی و بنایان اول، ۱۳۸۶). واکنش گیاه به مصرف کود فسفر به میزان فسفر موجود در خاک بستگی دارد، در شرایط طبیعی وجود ppm ۳-۵ فسفر در خاک برای تامین نیاز نخود کافی است. کمبود این عنصر در خاک از تثبیت نیتروژن به طریق همزیستی جلوگیری می‌کند (مجنون حسینی، ۱۳۸۷) و علائم کمبود آن در نخود شامل سبز تیره شدن شاخ و برگ و ایجاد رنگدانه‌های قرمز مایل به ارغوانی در ساقه و سطوح بالایی برگچه و برگ‌های پایینی است، سپس برگ‌ها و برگچه‌ها به رنگ سبز متمایل به زرد در می‌آیند.

۲-۷-۳- پتاسیم

در مورد عکس العمل نخود به پتاسیم تلاش‌های زیادی انجام نشده است. در مطالعات اولیه‌ای که ساکسنا و یاداو (۱۹۷۶) انجام دادند گیاه به پتاسیم عکس العمل نشان نداد، زیرا اصولاً وضعیت پتاسیم قابل دسترس اکثر خاک‌هایی که نخود در آنجا کشت می‌شود، در حد بالایی است. علائم شاخص کمبود پتاسیم در نخود شامل کلروز حاشیه و نوک برگ‌های پیر، ایجاد رنگدانه‌های قرمز در برگچه‌ها و نکروزه شدن آن‌ها، که در نهایت تمام قسمت‌های برگچه‌ها به رنگ قهوه‌ای روشن در می‌آید.

۲-۷-۴- سایر عناصر غذایی

برای دستیابی به حداکثر عملکرد نخود نیاز به مقدار کافی گوگرد است. بدون گوگرد نخود قادر به تثبیت ازت به میزان لازم نخواهد بود. پس از آزمایش خاک چنانچه مقدار گوگرد آن حدود ۱۰ ppm باشد باید حدود ۲۰ تا ۳۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار مصرف شود. عکس العمل نخود به عنصر روی بسیار کم است و در صورتی که مقدار آن در خاک کمتر از ۰/۶ ppm باشد باید به مقدار ۵ کیلوگرم در هکتار روی مصرف شود. در صورت کمبود منگنز نیز حدود ۱۰ کیلوگرم از آن در هکتار استفاده می‌شود. اگر pH خاک کمتر از ۵/۵ باشد و یا نخود برای سومین سال در مزرعه کاشته شود باید مولیبدن مصرف شود. گزارشی در مورد واکنش نخود به کلر، مس و آهن اعلام نشده است (کوچکی و بنایان، ۱۳۸۶).

۲-۸- تنش خشکی

حدود ۴۰ درصد اراضی جهان در مناطق خشک و نیمه خشک قرار دارند. کشور ما نیز در مناطق خشک و نیمه خشک جهان قرار گرفته و خشکی، تغییرات شدید مقدار، شدت و پراکنش بارندگی و نوسانات دمای هوا از ویژگی‌های این مناطق است. خشکی در سال‌های اخیر بر منابع آب، کشاورزی، تولیدات دامی، مراتع، مهاجرت دام‌ها، طغیان علف‌های هرز، آفات و بیماری‌های گیاهی، مهاجرت، بهداشت و درمان جوامع تاثیر

سوء زیادی داشته است. برنامه اصلاحی حبوبات در شرایط دیم باید در جهت افزایش عملکرد، پایداری، اصلاح فیزیکی، شیمیایی خاک و فاکتورهای بیولوژیکی آن باشد. تنش خشکی رایج ترین عامل محدودیت تولیدات گیاهی در جهان می باشد (صباغ پور، ۱۳۸۵). تنش خشکی بعد از بیماری ها در نخود دومین عامل محدودیت تولید عملکرد مناسب به شمار می رود (سینک و همکاران ۱۹۸۸). این تنش در بین سایر عوامل تقریباً تا ۵۰ درصد عملکرد نخود را کاهش می دهد (ساکسنا، ۱۹۸۷). تنش خشکی زمانی که آب موجود در خاک کاهش می یابد و شرایط جوی به دفع آب از طریق تبخیر و تعرق کمک می کند اتفاق می افتد (چارلیز، ۱۹۹۷).

تعاریف مختلفی از خشکی، در منابع علمی ارائه شده است. خشکی زمانی اتفاق می افتد که ترکیبی از عوامل فیزیکی و محیطی باعث تنش در گیاه و کاهش تولید بدلیل تأخیر یا عدم استقرار گیاه، تضعیف یا تخریب گیاه استقرار یافته، تضعیف گیاه در برابر حمله آفات و بیماری ها، تغییرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در متابولیسم گیاه می شود (لارسون و استاین، ۱۹۷۱). به عبارت دیگر زمانی که تلفات آب از گیاه بر اثر تعرق، بیشتر از جذب آن شود، در گیاه کمبود آب حادث شده و گیاه دچار تنش خشکی می شود. وقوع خشکی ممکن است بصورت پیوسته که شدت آن دائماً زیاد می شود یا در اوایل فصل و یا در اواخر فصل رشد و هم زمان با پر شدن دانه ها باشد (اهدایی، ۱۳۷۲). بر اساس گزارش بیکر (۱۹۹۴) زمانی که نسبت تبخیر و تعرق در گیاه کمتر از یک شود تنش کمبود آب حادث می شود. از نظر علم کشاورزی خشکی زمانی که نزولات آسمانی، آب آبیاری و آب ذخیره در فصل رشد با شرایط آب و هوایی معین، پاسخگوی نیاز گیاه برای حصول عملکرد مناسب نیست اتفاق می افتد. عدم توازن ذخیره آب داخل خاک و نیاز گیاه را خشکی می نامند (توماس، ۱۹۹۷). خشکی عدم وجود آب قابل دسترس از نظر کمیت و توزیع رطوبت در خاک طی دوره رشد و نمو گیاه است که باعث محدودیت بروز پتانسیل ژنتیکی عملکرد گیاه می شود (صباغ پور، ۱۳۸۵). زمانی که آب قابل دسترس خاک، آب مورد نیاز گیاه را تامین نکند گیاه با تنش خشکی مواجه می شود و با توجه

به شدت و طول دوره کمبود آب می تواند باعث آسیب به گیاه شود (سلطانی و فرجی، ۱۳۸۶). گیاهان در معرض سه نوع تنش خشکی قرار دارند:

- خشکی فصلی: برای تولید اقتصادی گیاه زراعی بارندگی کافی نیست و به صورت دوره‌ای در حاشیه مناطق خشک و نیمه خشک اتفاق می‌افتد.
- خشکی موقتی: دوره‌های تنش موقتی در مراحل نمو گیاه در مناطق نیمه خشک اتفاق می‌افتد.
- خشکی انتهایی: بیشتر در مناطق مدیترانه‌ای اتفاق می‌افتد و از رسیدگی معمول بذر جلوگیری می‌کند (کاظمی، ۱۳۸۷). این نوع تنش از عوامل اصلی کاهش عملکرد نخود است (صباغ پور، ۱۳۸۵).

۲-۹- اهمیت تنش خشکی

در ایران به عنوان یکی از کشورهای مهم تولید کننده نخود، عمده کشت این محصول به صورت بدون آبیاری انجام می‌گیرد، در چنین شرایطی تنش خشکی به ویژه تنش خشکی انتهایی فصل در زمان تشکیل غلاف و پر شدن دانه‌ها از مهمترین تنش‌های غیرزیستی محدود کننده عملکرد نخود محسوب می‌شود (صباغ پور، ۱۳۸۵). تنش خشکی، رشد رویشی و عملکرد را از طریق افت سطح برگ و فتوسنتز کاهش می‌دهد و این امر منجر به کاهش فتوسنتز جامعه گیاهی می‌گردد. بررسی‌ها نشان داده است که تنش خشکی به تنهایی علت کاهش ۵۰ درصد عملکرد نخود است (گوپتا، ۱۹۹۷). این مشکل در ایران جدی‌تر است زیرا نخود اغلب به صورت سنتی در انتهای فصل باران (اسفند یا فروردین) بر اساس رطوبت ذخیره شده در خاک کشت می‌شود و رشد سریع گیاه همزمان با مرحله‌ای است که رطوبت خاک به طور افزایشنده با گذشت زمان کاهش می‌یابد (گنجعلی و نظامی، ۱۳۸۷). بنابراین در راستای افزایش بازدهی تولید در مناطق دارای تنش خشکی، بهبود سازگاری و تحمل به تنش، مورد نیاز است. در این ارتباط، صفات مورفوفیزیولوژیک متعددی وجود دارد که می‌توان از آنها برای بهبود مقاومت و تحمل به خشکی استفاده نمود (سینگ، ۱۹۹۲). مقدار آب در دسترس گیاه از عوامل مهم اقلیمی موثر بر توزیع و پراکنش گیاهان در سرتاسر جهان بوده و می‌تواند

باعث تغییرات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در گیاه شود (حسنی و امید بیگی، ۱۳۸۱). خشکی و شوری به عنوان دو مشکل مهم توسعه کشاورزی ایران مطرح است، بنابر این انتخاب گونه‌های مناسب مناطق خشک و نیمه خشک بسیار حائز اهمیت است. در این راستا بسیاری از کشاورزان بومی این مناطق، کشت گیاهان سازگار را انتخاب کرده‌اند (بنایان اول و همکاران، ۱۳۹۰). گونه‌های مختلف گیاهی از نظر مقاومت به خشکی دامنه وسیعی را نشان می‌دهند که به دلیل سازگاری‌های فیزیولوژیکی، ریخت شناسی و بیوشیمیایی آنها می‌باشد. عوامل مورفولوژیک مانند تغییر در سطح برگ، سطح و حجم تاج پوشش، وزن کل بیوماس و یا وزن تاج پوشش، ارتفاع، قطر، طول میان گره، قطر تنه، سطح مقطع تنه، زاویه انشعاب شاخه با تنه اصلی، زاویه انشعاب برگ با شاخه، رشد افقی و عمودی ریشه، تراکم ریشه در واحد حجم خاک می‌تواند بر میزان مقاومت گیاه به تنش خشکی نقش داشته باشد (صباغ پور، ۱۳۸۳). برخی تغییرات فیزیولوژیک گیاهان مقاوم به خشکی در طی بروز تنش خشکی نیز موجب ذخیره مواد تنظیم کننده اسمزی همانند اسیدهای آمینه، قندها، برخی از یون‌های معدنی، هورمون‌ها و پروتئین‌ها می‌شود (ردی و همکاران، ۲۰۰۴).

۲-۱۰- اثرات تنش خشکی

نیلسن (۲۰۰۱) عقیده دارد واکنش‌های سازگاری در برابر کم آبی به شدت و مدت دوره کم آبی، مرحله رشد و پارامترهای مورفولوژیکی و آناتومیکی گیاه بستگی دارد. واکنش‌های گیاه به تنش آب در سطح سلول به صورت کاهش پتانسیل آب یا فعالیت سلولی، افت فشار تورژسانس سلول، تراکم مولکول‌های کوچک و درشت به هم خوردن روابط فضای پلاسمایی، تونوپلاست و غشاهای ارگانیلی بر اثر تغییرات حجمی و تغییر در ساختمان و شکل ماکرو مولکول‌ها (بر اثر حذف آب هیدراسیون یا از تغییر ساختمان آب پیوندی) مشاهده می‌گردد. تنش خشکی سیستم اسیدهای نوکلئیک را که ارتباط نزدیکی با ساخت پروتئین دارند مختل

می‌کند (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۸۶). در شرایط تنش کمبود آب، سلول و بافت گیاه آماس کامل ندارد. کاهش رشد بر اثر کاهش آماس سلولی از عمده‌ترین آسیب‌های وارده به گیاه بر اثر کمبود آب است که تا حدودی قابل برگشت می‌باشد. اندازه سلول و تقسیم آن به تنش خشکی حساس است. ولی تعداد سلول برگ در گیاهان تحت تنش و غیر تنش مشابه بوده است (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۸۶). انتقال فسفر از برگ‌های مسن به ساقه و بافت‌های مریستمی از اولین علائم تنش خشکی است. جذب فسفر به علت از بین رفتن ریشه‌ها در شرایط تنش خشکی کاهش می‌یابد (فورد، ۱۹۷۲). تنش خشکی باعث کاهش پتانسیل آب برگ و وزن خشک دانه در ژنوتیپ‌های لوبیای معمولی می‌شود (سانتوز و همکاران، ۲۰۰۶). کاهش فتوسنتز بر اثر افت پتانسیل آب ناشی از کاهش هدایت روزنه‌ای برگ‌ها و افت میزان کلروفیل صورت می‌گیرد. تنش خشکی با ارسال پیام‌های ویژه‌ای باعث تبدیل فرم رویشی به زایشی در گیاه می‌شود و مراحل رشد گیاه تسریع می‌گردد (دسکلاکس و همکاران، ۲۰۰۰). طول دوره رشد و تغییر مراحل رشد باعث تغییر اجزای عملکرد در شرایط مختلف رطوبتی گیاه می‌شود (رزالس سرنا و همکاران، ۲۰۰۴). معمولاً در اثر تنش آب مقدار کل ریشه کاهش می‌یابد ولی نسبت ریشه به شاخه و برگ افزایش می‌یابد (سینگ، ۱۹۹۱). تأثیر مهم تنش خشکی در مرحله جوانه زنی و سبز شدن، کاهش تعداد بوته در واحد سطح است. با افزایش مقدار رطوبت خاک، درصد سبز شدن افزایش یافته و زمان لازم تا رسیدن به ۵۰ درصد سبز شدن کاهش می‌یابد. اهمیت کمبود آب، زمانی بیشتر است که آب کافی برای جوانه زنی وجود داشته باشد ولی رشد جوانه‌ها و گیاهچه‌های تازه استقرار یافته با کمبود آب مواجه می‌گردد (فرجی، ۱۳۸۸). خشکی از طریق موارد زیر عملکرد گیاه را کاهش می‌دهد:

- ۱- با کاهش سطح برگ که ناشی از پژمردگی و جمع شدن پهنک برگ در شرایط تنش شدید و در نهایت پیری زودرس برگ‌های گیاه می‌باشد و جذب تشعشعات فعال فتوسنتزی توسط کانوپی کاهش می‌یابد (ایرل و دیویس، ۲۰۰۳).

۲- کاهش سریع گاز کربنیک تبدالی به ازای واحد نور جذب شده (کرامر، ۱۹۸۳).

تنش خشکی در دوره پر شدن دانه کلزا باعث تسريع در پير شدن برگ‌ها، کاهش سطح برگ، توليد ماده خشک، وزن دانه و عملکرد شد (بی نام، ۲۰۰۹). عملکرد دانه در نخود ۳۰ تا ۱۰۰ درصد بر اثر خشکی کاهش می‌یابد (توکر و کانسی، ۲۰۰۶). در تحقیق سه ساله‌ای که روی ارقام لوبیا صورت گرفت تنش خشکی باعث کاهش عملکرد دانه، میزان تجمع بیوماس، سرعت تجمع ماده خشک و شاخص برداشت شد (پادیلای-رامیرز و همکاران، ۲۰۰۵). کمبود آب در دوره گلدهی کلزا، از طریق کاهش سطح برگ، دوام سطح برگ، تعرق، فتوسنتز و تولید ماده خشک، طول دوره گلدهی، تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد غلاف، طول غلاف و تعداد دانه در غلاف باعث کاهش عملکرد محصول می‌شود (فرجی، ۱۳۸۸). تنش خشکی در طی مرحله رویشی ممکن است سبب تحریک و سرعت بخشیدن به رشد زایشی شود (فرجی، ۱۳۸۸). خشکی اغلب با درجه حرارت بالا و کمبود مواد غذایی، باعث افت شدید عملکرد گیاه می‌شود (علیزاده، ۱۳۸۳). تنش خشکی از شرایط محیطی موثر بر تغییر مقدار تثبیت انرژی خورشید در نباتات است (وفابخش و همکاران، ۱۳۸۷). خشکی بر فرایند فتوسنتز در گیاهان تأثیر مهمی گذاشته، انتقال سریع الکترون‌ها را کاهش داده و تشکیل مواد اولیه فتوسنتز را تغییر می‌دهد و بر میزان کربوهیدرات‌های گیاهان مؤثر است. کربوهیدرات‌های مرکب به کربوهیدرات‌های ساده تجزیه شده و بنابراین در اثر خشکی بر میزان قندهای محلول اضافه می‌شود. بررسی اثر تنش خشکی بر رشد گیاه *Lonicera japonica* نشان داد که محتوای قندهای محلول در گیاه تحت تأثیر تنش خشکی افزایش یافته است (زو و همکاران، ۲۰۰۲). همچنین بررسی‌های انجام شده بر متابولیسم قند و توسعه گل‌های گیاه گل سرخ نشان می‌دهد که تنش بر میزان قندهای محلول افزوده است، در حالی که از میزان نشاسته و فروکتان کاسته است (مایاک و همکاران، ۲۰۰۱). همچنین تحقیقاتی در زمینه اثرات آبیگری در سطح سلولی انجام پذیرفته و حساسیت سنتز پروتئین‌ها به تنش خشکی مورد بررسی قرار گرفته است. خشکی سریع، تعداد پلی‌زومها را در سلول و نیز پروتئین‌ها را در برخی از گیاهان

علفی کاهش می‌دهد. فرآورده‌های حاصل از تجزیه پروتئین‌ها، اسیدهای آمینه‌ای مانند پرولین است که در طی خشکی یا تجمع حاصل می‌کنند و در سازگاری اسمزی شرکت نموده و یا ذخیره شده و به عنوان موادی جهت بازسازی ترکیب‌های ثانویه مورد استفاده قرار می‌گیرند (بسرا، ۱۹۹۷). کاهش رشد از علائم بارز گیاه در مواجهه با تنش خشکی است. در شرایط تنش خشکی، پتانسیل آب برگ و فشار تورژسانس سلولی که لازمه رشد سلول‌ها و بافت گیاه می‌باشد، کاهش پیدا می‌کند. تنش‌های شدید خشکی باعث ممانعت از فتوسنتز، اختلال در متابولیسم، انتقال مواد و در نهایت منجر به مرگ گیاه می‌شوند (جلیلیان و همکاران، ۱۳۸۴). تنش خشکی از توسعه‌ی سلول و به دنبال آن رشد و افزایش ارتفاع گیاه ممانعت می‌کند. تأثیر خشکی بر رشد، به شدت و مدت زمان تنش، گونه گیاهی و مرحله رشد گیاه بستگی دارد. تنش خشکی موجب القاء تنش اکسیداتیو در گیاهان شده که نتیجه آن افزایش ترکیبات ROS می‌باشد.

۲-۱۱- مکانیسم‌های مقاومت به خشکی

برخی محققین تنش گرما را برای انتخاب ارقام مقاوم به خشکی به علت کنترل آسان‌تر آن نسبت به خشکی به کار می‌برند. تحمل خشکی از نظر متخصصین مختلف موارد زیر را در بر می‌گیرد:

- بیولوژی سلولی: زنده ماندن سلول به تنهایی یا در موجود تک سلولی به کمک سازگاری تنظیم اسمزی.

- بیوشیمی: تحمل بازدارندگی ساخت پروتئین و بقای mRNA در شرایط کمبود آب در موجود زنده.

- فیزیولوژی: ادامه رشد تحت شرایط تنش آب.

- زراعت: پایداری عملکرد گیاه در شرایط تنش رطوبت.

گیاهان از سه طریق فرار از خشکی، اجتناب از پسابیدگی و تحمل پسابیدگی به تنش خشکی سازگاری نشان می‌دهند (صباغ پور، ۱۳۸۵).

همبستگی بین صفات و مورفولوژی نشان می‌دهد که گیاه بیشتر مکانیسم فرار از خشکی را از طریق سرعت رشد، گلدهی زودتر و زودرسی ترجیح می‌دهد. در شرایط تنش خشکی شدید این بر عکس است زیرا ممکن است بوته‌ها زنده باشند ولی بدلیل شدت خشکی نتوانند به مرحله زایشی بروند و عملکردی تولید نمایند (گوپتا و همکاران، ۱۹۹۵). در این شرایط به عقیده ترنر (۱۹۷۹) اجتناب از خشکی اهمیت پیدا می‌کند. به این صورت که گیاه با نگهداری حالت آماس توسط تغییر در سیستم ریشه یا تنظیم سطح برگ می‌تواند دوره خشکی را تحمل کند. در هر صورت ترکیبی از اجتناب و تحمل نیاز است (گوپتا و همکاران، ۱۹۹۵). اصلاح برای خشکی از طریق فرار برای گندم، جو، نخود و عدس که در شرایط رطوبت ذخیره شده رشد می‌کنند و ارقام زودرس قبل از مواجه شدن با تنش خشکی بذر تولید می‌کنند ساده است. گونه‌های مختلف گیاهی از نظر مقاومت به خشکی دامنه وسیعی را نشان می‌دهند که به دلیل سازگاری‌های فیزیولوژیکی، ریخت‌شناسی و بیوشیمیایی آنها می‌باشد. عوامل مورفولوژیک مانند تغییر در سطح برگ، سطح و حجم تاج پوشش، وزن کل بیوماس و یا وزن تاج پوشش، ارتفاع، قطر، طول میان گره، قطر تنه، سطح مقطع تنه، زاویه انشعاب شاخه با تنه اصلی، زاویه انشعاب برگ با شاخه، رشد افقی و عمودی ریشه، تراکم ریشه در واحد حجم خاک می‌تواند بر میزان مقاوت گیاه به تنش خشکی نقش داشته باشد، (صبغ پور، ۱۳۸۳). گیاهان از سه طریق فرار از خشکی، اجتناب از پسابیدگی و تحمل به پسابیدگی به تنش خشکی سازگاری نشان می‌دهند (صبغ پور، ۱۳۸۵).

سازوکارهایی که تنش اکسیداتیو را کاهش می‌دهند، نقش مهمی در بهبود تحمل به خشکی ایفا می‌کنند (سایرام و همکاران ۲۰۰۲). گیاهان برای مقابله با تنش اکسیداتیو، دارای سیستم دفاعی کارآمدی هستند که می‌توانند رادیکال‌های آزاد را از بین برده و یا خنثی کنند. این سیستم دفاعی شامل آنزیم‌های، سوپراکسید دیسموتاز (SOD)، کاتالاز (CAT)، آسکوربات پراکسیداز (APX) و گلوکاتایون ردوکتاز (GR) می‌باشد (بلوخیان و همکاران ۲۰۰۳).

۲-۱۱-۱- فرار از خشکی

فرار از خشکی به معنای تکمیل دوره ی رشد گیاه قبل از شروع خشکی انتهایی فصل می باشد که اغلب به عنوان راهبرد اولیه ی گیاه در سازگاری به مناطق دارای تنش خشکی، مورد توجه قرار می گیرد (آنبس و همکاران، ۲۰۰۶؛ ترنر و همکاران، ۲۰۰۳). بررسی ها در این ارتباط تأیید نموده اند که زمان مطلوب گل دهی، یک مؤلفه ی مهم در سازگاری گیاه به شرایط محیطی و یک صفت بحرانی برای سازگار شدن گیاه به یک عرض جغرافیایی خاص می باشد (سوبارائو و همکاران، ۱۹۹۵). فرار از خشکی روش مناسبی جهت اصلاح فنولوژی در مناطق با فصل رشد کوتاه و تنش خشکی آخر فصل زراعی می باشد (ترنر، ۱۹۸۶). انتخاب واریته های زودرس برای این مناطق مناسب است. فرار از تنش خشکی با کوتاه کردن یا تنظیم دوره زندگی گیاه یکی از مؤثرترین روش های سازگاری گیاه است (ایوانس و وایانس، ۱۹۹۳). واکنش شامل حفظ تعادل بین فعالیت های ریشه و ساقه می باشد که با ارسال پیام هایی، سرعت گسترش برگ و بسته شدن نسبی روزنه ها کنترل می شود. فرار از خشکی به کمک شناخت ارقام زودرس قابل اجرا است.

زودرسی در مناطق مدیترانه به دلیل برخورد با درجه حرارت پایین و یخبندان در هنگام زود گلدهی دارای محدودیت است. زودرسی باعث می شود گیاه قبل از کاهش رطوبت خاک بتواند حداکثر ماده خشک ممکن را تولید کند. ژنوتیپ های زودرس با قابلیت جوانه زنی سریع در بستر بذر نسبتاً کم رطوبت، قدرت رشد اولیه زیاد و تیپ بوته گسترده جهت پوشش سریع خاک برای کاهش تبخیر، باعث کاهش خسارت ناشی از تنش خشکی می شوند. در مناطق سردسیر (فصل رشد کوتاه) و وجود تنش خشکی آخر فصل، استراتژی فرار جهت اصلاح فنولوژی گیاه با اهمیت است (صباغ پور، ۱۳۸۵). در مناطق خشک، گل دهی و تشکیل غلاف زودرس در بهبود عملکرد نخود فرنگی و باقلا (ترنر و همکاران، ۲۰۰۳) و عدس (توماس، ۱۹۹۷) که از قابلیت فرار از خشکی برخوردار می باشند، مؤثر بوده است. بررسی ها نشان داده است که ارقام

رشد نامحدود نخود در صورت فراهم بودن شرایط محیطی، به رشد زایشی (تولید گل و غلاف) ادامه می‌دهند (خان چاپرا و همکاران، ۱۹۸۸).

۲-۱۱-۲- اجتناب از پسایدگی

گیاه به کمک ریشه عمیق و توسعه یافته، سطح سایه انداز، تغییر زاویه برگ و حرکت آن، ضخامت کوتیکول، تنظیم سطح برگ، بستن روزنه در ساعات گرم و خشک روز و تنظیم فشار اسمزی تا حد زیادی می‌تواند از اثرات تنش خشکی در امان باشد. اجتناب از پسایدگی حاصل توانایی گیاه در حفظ آماس بالا در زمان تنش خشکی است که از طریق افزایش پتانسیل آب یا کاهش پتانسیل اسمزی، همراه با تنظیم اسمزی در سلول صورت می‌گیرد (ایوانس و وایانس، ۱۹۹۳). اجتناب از پسایدگی به قابلیت گیاه در نگهداری بیلان مناسب آب و آماس خود، حتی در شرایط بروز تنش می‌گویند که معمولاً توسط خصوصیات موفولوژیکی و آناتومیکی گیاه شناخته می‌شود. بیلان مناسب آب در شرایط خشکی از طریق ذخیره آب با کاهش تبخیر و تعرق در قبل و یا آغاز بروز تنش و تسریع در جذب آب برای تامین مجدد آب از دست رفته صورت می‌گیرد (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۸۶).

۲-۱۱-۳- تحمل پسایدگی

تحمل پسایدگی عبارت از توانایی سلول به ادامه سوخت و ساز در شرایط پتانسیل آب کم می‌باشد. گیاه دارای این مکانیسم با تامین رطوبت قادر است دوباره رشد کند. این مکانیسم روش اساسی حیات گیاهان اولیه و عال می‌باشد. ضخیم شدن دیواره سلولی از سازگاری برگ به شرایط خشک است. (کرامر، ۱۹۵۹). افزایش تحمل به پسایدگی در طی دوره خشکی متوسط و ملایم موجب ادامه رشد برگ‌ها و کاهش پیری شده و می‌تواند اثرات مثبتی در تولید کشاورزی داشته باشد. تحمل پسایدگی به توانایی

حفظ غشاء و آنزیم‌ها از خسارت پسابیدگی می‌شوند (هسیائو و همکاران، ۱۹۸۴). مکانیسم‌های سازگاری مرتبط با ریشه:

در بقولات دانه‌ای، اولویت تخصیص مواد فتوسنتزی در مراحل اولیه رشد عموماً به سمت ریشه‌ها است تا اندام‌های هوایی و لذا بقولات در مرحله گیاهچه‌ای معمولاً از سیستم ریشه‌ای سنگین‌تری برخوردار هستند. از آنجایی که نسبت بالاتر ریشه به اندام‌های هوایی (اندام‌های جذب کننده آب نسبت به اندام‌های مصرف کننده) توان گیاه را برای افزایش به تحمل خشکی بهبود می‌بخشد، لذا اغلب متخصصان فیزیولوژی این نسبت را به عنوان یک معیار برای گزینش ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی معرفی می‌نمایند (گوپتا، ۱۹۹۵). در مطالعه‌ای که بر روی ژنوتیپ‌های مختلف نخود صورت گرفت مشاهده شد گیاهانی که طول ریشه اصلی، تعداد ریشه‌های جانبی، تراکم طول ریشه و نسبت ریشه به اندام هوایی بالاتری دارند نسبت به گیاهانی که این خصوصیات را کمتر دارا می‌باشند، مقاومت و تحمل بیشتری به کم آبی و تنش خشکی دارند (ساکسنا و همکاران، ۲۰۰۵). اعتقاد اغلب متخصصان بر این است که در نخود حداکثر عمق ریشه، یک صفت ژنتیکی است. در عین حال این صفت تحت تأثیر عوامل محیطی نیز قرار می‌گیرد (باقری و همکاران، ۱۹۹۷).

۲-۱۲- تنظیم اسمزی

تنظیم اسمزی یکی از مکانیسم‌های مهم در گیاهان عالی برای نگهداری حالت آماس در برخورد با تنش خشکی می‌باشد. در شرایط پتانسیل کم آب در خاک، ذخیره فعال محلول‌ها مانند قندها، آمینو اسیدها اسیدهای آلی، نیتрат و پتاسیم به خشکی واکنش نشان می‌دهد و باعث کاهش پتانسیل اسمزی و حالت آماس در سلول می‌شوند (خان‌چاپرا و همکاران، ۱۹۹۵). از مهمترین سازگاری‌های فیزیولوژیکی گیاه برای کاهش اثرات منفی تنش کمبود آب، حفظ فشار آماس سلول از طریق تنظیم اسمزی می‌باشد (مورگان و همکاران). برای تنظیم اسمزی در شرایط تنش، مولکول‌های آلی مانند پرولین، قندهای محلول، پلی آلل‌ها،

تری هالوز و ترکیبات آمونیومیمثل گلیسین بتائین، آلانین بتائین در سیتوپلاسم سلول تجمع می‌یابد. این تجمع در مقادیر بالا به علت سازگاری آن‌ها مانع غلظت سلول نمی‌شوند. به این مواد متابولیت‌های سازگار می‌گویند. (سانچز و همکاران، ۲۰۰۱). این مواد وزن مولکولی کم و حلالیت بالایی دارند و با تنظیم اسمزی، خنثی کردن انواع اکسیژن فعال، پایداری غشاء، پایداری ترکیبات پروتئینی و آنزیمی، در شرایط تنش از گیاه محافظت می‌کنند (بوهنرت و همکاران، ۱۹۹۵). به دلیل فعالیت برخی از این مواد در محافظت از اجزای سلول در برابر آب کشیدگی، به آن‌ها محافظت کننده‌های اسمزی هم می‌گویند (اشرف و فولاد، ۲۰۰۷). ساز و کارهایی که تنش اکسیداتیو را کاهش می‌دهند، نقش مهمی در بهبود تحمل به خشکی ایفا می‌کنند. گیاهان برای مقابله با تنش اکسیداتیو، دارای سیستم دفاعی کارآمدی هستند که می‌توانند رادیکال‌های آزاد را از بین برده و یا خنثی کنند. این سیستم دفاعی شامل آنزیم‌های سوپر اکسید دیسموتاز (SOD)، کاتالاز (CAT)، آسکوربات پراکسیداز (APX) و گلوتاتیون ردوکتاز (GR) می‌باشد (بلوخینا و همکاران، ۲۰۰۳).

۲-۱۳- محلول‌پاشی

در تحقیقات اخیر، کاربرد متانول به عنوان یک منبع کربن برای گیاهان زراعی رواج پیدا کرده است زیرا گیاهان می‌توانند متانول محلول‌پاشی شده بر روی برگ‌ها را به راحتی جذب کرده و آن را به عنوان منبع کربنی اضافه بر کربن اتمسفر مورد استفاده قرار دهند (گوت و همکاران، ۲۰۰۰). متانول ماده‌ای کاملاً شناخته شده برای گیاهان می‌باشد، زیرا این ماده یکی از ساده‌ترین فرآورده‌های گیاهی بوده که توسط اکثر گیاهان خصوصاً طی مراحل اولیه بزرگ شدن برگ‌ها در اثر دمتیلاسیون پکتین، تولید و به محیط اطراف آنها انتشار می‌یابد (بنسون و نانومورا، ۱۹۹۴). کاربرد متانول محلول‌پاشی شده همانند متانول طبیعی که در برگ‌ها بر اثر فعالیت آنزیمی پکتین متیل استراز در فرایند گسترش دیواره سلولی ایجاد می‌شود، می‌تواند موجب

افزایش تولید سیتوکینین و تحریک رشد گیاه شود (هولاند، ۱۹۹۷). متانول دارای کربن نشاندار ۱۴ پس از محلول پاشی روی سطح گیاهان سریعاً وارد بافت‌های آنها شده و پس از تأثیر گذاشتن بر متابولیسم گیاه، کربن مذکور در ساختار اسیدآمینه سرین و گلیسین یافت می‌گردد. گلیسین در بهبود مقاومت به تنش دارای نقش مؤثری است که به مقدار کم مخلوط با متانول در محلول پاشی مصرف می‌گردد. نقش محافظتی گلیسین فقط به نقش محافظتی اسمزی آن خلاصه نشده است بلکه این ماده در دیگر اثرات فیزیولوژیکی مؤثر در پاسخ به تنش‌های گیاهان مطرح است (کریشنامورتی و همکاران، ۲۰۰۳). در اوایل دهه ۱۹۹۰ میلادی گزارش شد که کاربرد محلول‌های متانول روی قسمت‌های هوایی گیاهان زراعی باعث افزایش عملکرد، تسریع در رسیدگی، کاهش اثر تنش خشکی و کاهش نیاز آبی آنها می‌شود. مطالعات نشان داد که محلول پاشی ۱۵ درصد متانول بر روی قسمت‌های هوایی بادام زمینی باعث افزایش عملکرد دانه، وزن خشک ریشه و مقدار پروتئین دانه بادام زمینی شده است (ویشکاو و همکاران، ۲۰۰۸). همچنین مطالعات بر روی گیاهان گوجه فرنگی، لوبیا، چغندر قند و کلزا نشان داد گیاهانی که با متانول ۹۵ درصد محلول پاشی شدند ۲۱ تا ۲۹ درصد، محصول بیشتری نسبت به گیاهان شاهد تولید کردند و این گیاهان به میزان کمتری به کمبود آب حساس بودند و در برخی موارد، تولید آنها با گیاهانی که آبیاری تکمیلی شده بودند، برابر بود (زبیک و همکاران، ۲۰۰۳).

۲-۱۴- هورمون‌ها و تنظیم کننده‌های رشد گیاهی

مواد تنظیم کننده رشد گیاهی در تمام جنب‌های چرخه حیات گیاه کاربرد دارد. به طوری که این مواد می‌توانند اثر عمیقی بر روی واکنش‌های گیاه داشته باشند. افزایش تجزیه کلروفیل برگ‌های گیاهان در شرایط تنش خشکی احتمالاً به دلیل به هم خوردن تعادل هورمون‌ها ایجاد می‌شود، این به هم خوردن تعادل ممکن است به دلیل کاهش مقدار بیوسنتز سیتوکینین و افزایش آبسزیک اسید باشد (شداد، ۲۰۱۱).

در آزمایشی با هدف بررسی تاثیر تنش خشکی بر ذرت، لوبیا چشم بلبلی و باقلا دریافتند که رنگیزه‌های فتوسنتزی به طور قابل توجهی در ذرت نسبت به دو گیاه دیگر کاهش یافت و عملکرد ماده خشک در ذرت در شرایط تنش خشکی نسبت به دو گیاه دیگر بیشتر تحت تأثیر تنش قرار گرفت، همچنین در این آزمایش گزارش شد که محلول پاشی هورمون‌ها باعث تحریک سطح سبز و متعاقب آن رنگیزه‌های فتوسنتزی و تجمع ماده خشک در هر سه گیاه شد. تقریباً تمام فرآیندهای زندگی گیاهان به طور مستقیم یا غیر مستقیم تحت تأثیر تنش‌ها و هورمون‌های گیاهی قرار می‌گیرند (شداد، ۲۰۱۱). کاهش رشد گیاه در شرایط تنش خشکی نتیجه بر هم خوردن تعادل هورمون‌ها می‌باشد بنابراین کاربرد خارجی تنظیم کننده‌های رشد در شرایط تنش خشکی می‌تواند عاملی در جهت معکوس کردن اثر تنش‌های غیرزیستی باشد (ساتویر و همکاران، ۲۰۰۰). هورمون‌های گیاهی مانند اکسین و سیتوکینین به عنوان تنظیم کننده‌های دخیل در پاسخ‌های گیاهی به اثرات نامطلوب در شرایط محیطی شناخته شده هستند (کایا، ۲۰۰۹). سیتوکینین و اکسین در تنظیم رشد و نمو گیاه نقش مهمی را بازی می‌کنند. سیتوکینین‌ها با هماهنگی یا تضاد با سایر هورمون‌های گیاهی باعث تقسیم سلولی و فرآیندهای مرتبط به رشد گیاه می‌شوند. مقدار سیتوکینین داخلی گیاه بوسیله سایر هورمون‌ها بویژه اکسین تنظیم می‌شود (زازیمالووا و همکاران، ۱۹۹۹). سیتوکینین باعث تجمع کلروفیل و تبدیل اتیوپلاست به کلروپلاست و تاخیر در روند پیری برگ می‌شود. بنابراین این امکان وجود دارد که در پاسخ به شرایط محیطی نامساعد دخیل باشند. در آزمایشی کاربرد بنزیل آدنین به عنوان سیتوکینین با غلظت ۵ میلی گرم در لیتر باعث افزایش مقدار کلروفیل شد (تون و اونزبی، ۱۹۸۳). همچنین در میان تنظیم کننده‌های رشد، سیتوکینین‌ها نقش حیاتی در جهت افزایش تقسیم سلولی، بیوسنتز کلروفیل و تعدیل غالبیت انتهایی در گیاهان دارند. رشد اندام‌های گیاهی بوسیله تقسیم سلولی از طریق ارتباط اکسین با دیگر هورمون‌ها مانند سیتوکینین، جیبرلین و اتیلن افزایش می‌یابد. تعادل این دو هورمون بر اساس نسبت آنهاست (مورارو، ۲۰۱۱). نسبت غلظت بالای اکسین به سیتوکینین باعث افزایش شکل

گیری ریشه می‌شود در حالی که نسبت پایین آن باعث نمو ساقه می‌شود. برهمکنش این دو هورمون در هدایت فرآیندهایی در ساقه مانند غالبیت انتهایی، پدیده‌ای که بموجب آن یک مریستم بر مریستم دیگر غلبه می‌کند اهمیت دارد (نوردستورم و همکاران، ۲۰۰۴). جمعیتی از سلول‌های مریستمی غیر تمایز یافته نزدیک کلاهک ریشه نقش برقراری تعادل بین اکسین و سیتوکینین را به عهده دارند.

اکسین انتقال یافته از ساقه تمایل به تجمع در منطقه مریستمی دارد و باعث حفظ تقسیم و رشد سلولی می‌شود. گزارش شده است که تنش خشکی باعث کاهش مقدار اکسین می‌شود (یی و همکاران، ۲۰۰۳). در حقیقت اکسین می‌تواند از اندام‌های سازنده آن به برگ‌ها از طریق سیستم انتقال طولانی در داخل گیاه منتقل شود (هین و همکاران، ۱۹۸۶). همچنین کاربرد مواد تنظیم کننده رشد گیاهی از طریق محلول پاشی در

برخی درختان میوه سبب افزایش عملکرد و کیفیت میوه شده است (فاست، ۱۹۸۹).

۲-۱۵- جاسمونیک اسید

اسید جاسمونیک و مشتقات آن یعنی متیل جاسمونات تنظیم کننده‌های رشد درونی یا بازدارنده‌های رشد گیاه هستند که نقش کلیدی در رشد، نمو و پاسخ به تنش‌های محیطی ایفا می‌کنند. این مولکول‌ها منجر به القای فعالیت آنزیم‌های ویژه‌ای می‌شوند که واکنش‌های بیوسنتزی مربوط به تولید ترکیبات دفاعی مانند پلی‌فنل‌ها، آلکالوئیدها و پروتئین‌های مربوط به میکروب‌های بیماری‌زا را کاتالیز می‌کنند (مارتین و همکاران، ۲۰۰۲). جاسمونات‌ها گروهی از ترکیبات ویژه حلقوی سیکلوپنتان می‌باشند که در دهه ۱۹۶۰ به عنوان متابولیت‌های ثانویه در اسانس گیاه گل یاس یافت شد (قناتی و همکاران، ۱۳۸۹). اثر فیزیولوژیکی جاسمونات‌ها در گیاهان بسته به گونه گیاهی، مرحله نمو، نوع جاسمونات و غلظت به کار رفته متفاوت است. در مطالعه‌ای، اثر متیل جاسمونات بر متابولیت‌های ثانویه گیاه ریحان مشخص شد

که محتوای فنول کل پس از اعمال تیمار ۰/۱ و ۰/۵ میلی مول افزایش یافت. دو ترکیب فنولی روزمارینیک-اسید و کافئیک اسید که به عنوان ترکیبات آنتی اکسیدانی قوی در ریحان شناخته شدند با اعمال تیمار متیل جاسمونات افزایش یافت (کیم و همکاران، ۲۰۰۵).

۲-۱۶- سالیسیلیک اسید

به نظر می رسد در شرایط کمبود آب استفاده از تنظیم کننده های رشد گیاه مانند اسید سالیسیلیک (SA) نیز می تواند به عنوان یک راهکار برای جلوگیری از اثرات مخرب تنش خشکی موثر بوده و زمینه سازگاری گیاه را فراهم آورد. اسید سالیسیلیک به گروهی از ترکیبات فنلی تعلق دارد و باعث طولیل شدن سلول ها و افزایش تقسیم سلولی می شود که این کار با همکاری سایر تنظیم کننده ها از جمله اکسین انجام می شود. علاوه بر آن گسترش، تقسیم سلولی و مرگ سلول را تنظیم کرده و بین رشد و پیری تعادل ایجاد می نماید (پوپوا و همکاران، ۱۹۹۷). استفاده از غلظت های مناسب اسید سالیسیلیک نقش محوری در فرآیندهای فیزیولوژیکی مختلف مانند جوانه زنی بذر، بسته شدن روزنه، مهار بیوسنتز اتیلن گیاه، افزایش میزان فتوسنتز و محتوای کلروفیل و تولید میوه ایفا می کند و با تأثیر بر فعالیت آنزیم های کاتالاز و پراکسیدازها و تنظیم کننده های اسمزی مثل پرولین، گلیسین و بتائین آثار ناشی از تنش خشکی، فلزات سنگین، گرما، سرما و شوری را کاهش می دهد. اسید سالیسیلیک با داشتن خاصیت آنتی اکسیدانی در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاهان نقش دارد. اسید سالیسیلیک به عنوان یک مولکول پیام رسان مهم در پاسخ های گیاه به تنش های متعدد زیستی و غیر زیستی شناخته شده است. آنها با تأثیر بر آنزیم های کاتالاز و پراکسیدازها و تنظیم کننده های اسمزی مثل پرولین و گلیسین بتائین آثار ناشی از تنش خشکی، فلزات سنگین، گرما، سرما و شوری را کاهش می دهد (سناراتنا و همکاران، ۲۰۰۲). نتایج حاصل از تحقیقات متعدد نقش مهم SA را در تنظیم پاسخ گیاه به تنش خشکی نشان داده است. سناراتنا و همکاران (۲۰۰۲) با تأکید بر نقش

سیستم آنتی اکسیدان در فرایند خنثی سازی اثرات تنش اکسیداتیو ناشی از خشکی، سرما و گرما در دو گیاه لوبیا و گوجه فرنگی، نشان دادند که به کار بردن SA به صورت خارجی در شرایط تنش، فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان از جمله سوپراکسید دیسموتاز، و پراکسیداز را بهبود می‌بخشد. یک تحقیق مشابه نیز افزایش فعالیت این دو آنزیم را تحت تنش سرما در گیاه ذرت را گزارش کرد (جاندا و همکاران، ۲۰۰۱). اعتقاد بر این است که SA می‌تواند به عنوان یک تنظیم کننده ی بالقوه برای بهبود رشد در شرایط کمبود آب، مورد استفاده قرار گیرد.

۲-۱۷- پلی آمین‌ها

تعدادی از ترکیبات حاوی نیتروژن در گیاه در پاسخ به شرایط تنش تجمع می‌یابند. این ترکیبات شامل: آمینواسیدها (آرژنین، پرولین) و آمیدها (گلوتامین، آسپارژین)، گلیسین بتائین و (پلی آمین‌ها) می‌باشند. پلی آمین‌ها از جمله ترکیبات پلی کاتیونی با وزن مولکولی پایین می‌باشند و مشخص شده است که این مواد به عنوان تنظیم کننده رشد در مراحل مختلف رشد و نمو جوانه‌ها، گل‌ها و میوه‌ها در گیاهان نقش مهمی ایفا می‌کنند (گالستون و همکاران، ۱۹۹۵).

۲-۱۷-۱- تعریف و اهمیت ترکیبات پلی آمین

پلی آمین‌ها پلی کاتیون‌ها ی مهمی هستند که در مراحل مختلف فیزیولوژیک و نمو گیاهان نقش دارند. پلی آمین‌ها در القای تقسیم سلولی، جنین زائی، ریخت زائی، نمو گل، میوه و دانه و پیری نقش ایفا می‌کنند. مهمترین پلی آمین‌ها شامل اسپرمیدین (تری آمین (اسپرمین) تترا آمین (و پی ش ساز آنها پوترسین دی آمین است. در بافت گیاهان پلی آمین‌ها به شکل هم یوغ با مولکول‌های آلی دیگر و یا آزاد یافت می‌شوند (مارتین، ۲۰۰۱). پلی آمین‌ها هیدروکربن‌های آلیفاتیک با وزن مولکولی کم و دارای زنجیره ۳ تا ۱۵ کربنه با دو گروه آمینی انتهایی هستند. این ترکیبات تقریباً در همه موجودات زنده یافت می‌شوند

و در طیف وسیعی از فرآیندهای فیزیولوژیکی از جمله رشد و نمو گیاهان، جانوران، تحریک تقسیم سلولی، سنتز DNA و پروتئین‌ها، کنترل ریشه‌زایی و جنین‌زایی، واکنش به تنش‌های محیطی زنده و غیرزنده مانند دماهای پایین، بالا و شوری و تنش‌های آبی نقش ایفا می‌کنند. ترکیبات پلی‌آمین به عنوان تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی نقش‌های مهم و حیاتی را در فرآیندهای متابولیسمی گیاهان ایفا می‌کنند. تحقیقات نشان داده است، در هنگام بروز تنش ترکیبات پلی‌آمینی در جهت بهبود پاسخ دفاعی گیاه افزایش قابل ملاحظه‌ای می‌یابند. (گالستون و همکاران، ۱۹۹۵). اثر آنتی اکسیدان‌تی پلی‌آمین‌ها به طور عمده به ویژگی کاتیونی آنها مربوط است که برای برداشت رادیکال‌های آزاد عمل می‌کنند و در نتیجه قادر به مهار پراکسیداسیون لیپیدها هستند.

۲-۱۷-۲- انواع پلی‌آمین

پلی‌آمین‌ها شامل پوتریسین، اسپرمیدین و اسپرمین می‌باشد (گالستون و همکاران ۱۹۹۵).

۲-۱۷-۳- بیوسنتز ترکیبات پلی‌آمین

در سلول‌های یوکاریوتی پلی‌آمین‌ها از اسیدآمین‌های L-آرژینین و L-متیونین به وسیله یک سری از واکنش‌های وابسته به هم سنتز می‌شوند. آرژینین و اورنیتین به عنوان پیش‌سازهای پلی‌آمین‌ها محسوب می‌شوند. اورنیتین توسط آنزیم آرژیناز از اسیدآمین‌ه آرژینین سنتز می‌شود. آنزیم اورنیتین دکربوکسیلاز بطور مستقیم با دکربوکسیله کردن اورنیتین تولید پوتریسین می‌نماید.

۲-۱۷-۴- تأثیر ترکیبات پلی‌آمین بر رشد گیاه در شرایط تنش

سه ترکیب پلی‌آمینی نقش مهمی را در پاسخ به تنش در گیاهان بازی می‌کنند که به گونه گیاهی و نوع تنش بستگی دارد. از میان این سه پلی‌آمین پوتریسین و اسپرمیدین بیشترین تأثیر را در تحمل به شوری

در گیاهان دارد (کاسوکاب، ۲۰۰۴). در بسیاری از موارد تنش باعث می‌شود که پلی‌آمین‌ها به صورت آزاد یا ترکیبی درآیند. بیوسنتز پلی‌آمین‌ها می‌تواند به عنوان ترکیب مؤثری در پاسخ گیاهان به تنش باشد. (بوچرا و همکاران، ۱۹۹۹). مشخص شده است که تجمع پوتریسین اندوژن در اکثر گیاهان در واکنش به تنش‌های مختلف مانند فقدان آب، اسموزیته شدید کمبود یا زیاد از حد بودن کاتیون‌ها (مانند غلظت‌های بالای آمونیوم یا یون هیدروژن)، آلودگی‌های اتمسفر مثل دی‌اکسید سولفور و یون کادمیوم و دماهای پایین اتفاق می‌افتد. در همه موارد تولید بیش از حد پوتریسین مربوط به فعالیت آنزیم آرژنینین دکربوکسیلاژ بوده است. از این جهت این آنزیم به عنوان آنزیم عمومی تنش و تجمع پوتریسین به عنوان اصلی‌ترین نشانه فعالیت آرژنینین دکربوکسیلاژ ناشی از تنش در گیاهان در نظر گرفته می‌شود (لویی و همکاران، ۲۰۰۶). تحت شرایط تنش‌زا تجمع پلی‌آمین‌ها ناشی از بیوسنتز آنها و یا کاهش تخریب آنها توسط اکسیدازها می‌باشد. این ترکیبات ممکن است دارای اثرات چندگانه باشند. به عنوان مثال این ترکیبات علاوه بر این که سبب حذف رادیکال‌های آزاد و ثبات غشاء می‌گردند، می‌توانند بر فعالیت آنزیم‌های اکسیدانی و پرولین مؤثر واقع گردند. افزایش بیوسنتز پلی‌آمین‌ها می‌تواند از گیاهان در برابر شوری بوسیله حذف رادیکال‌های آزاد، تثبیت غشایی و ساختارهای سلولی، ایجاد تعادل کاتیون و آنیون، تنظیم کانال‌های یونی و افزایش میزان انرژی سلول بوسیله تحریک سنتز ATP محافظت کند (آماراسینگ و کارلسون، ۱۹۹۴). در چندین گیاه تراریخته مانند برنج، سیب زمینی، تنباکو و آرابیدوپسیس تالیانا مشاهده شد که استفاده از ژن‌های بیوسنتز کننده پلی‌آمین‌ها سبب افزایش تحمل به شوری می‌شود (وی و همکاران ۲۰۰۶). کاربرد پلی‌آمین‌ها به شکل اگزوزن سبب به حداقل رسانیدن کاهش رشد در شرایط تنش می‌شود. همچنین تحقیقات نشان داده است که اثرات حفاظتی پلی‌آمین‌ها متفاوت است. به عنوان مثال اسپرمین و اسپرمیدین بیشتر از پوتریسین سبب بهبود پاسخ گندم به تنش شوری می‌شود (لویی و همکاران، ۲۰۰۷). این ترکیبات ممکن است دارای اثرات چندگانه باشند به عنوان مثال علاوه بر آنکه سبب حذف رادیکال‌های آزاد و ثبات غشاء می‌شوند،

می‌توانند بر فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان (کاتالاز، پراکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز) و نیز پرولین موثر واقع شوند همچنین این تنظیم کننده‌های رشد موجب کاهش تجمع Na^+ و Cl^- در تنش شوری می‌شوند (لوتس، ۲۰۰۶). انواع پلی‌آمین‌ها از نظر تأثیر تخفیف تنش با یکدیگر متفاوتند. رقم‌های متحمل شوری در گیاه برنج، مقدار بالایی اسپرمیدین انباشته می‌کنند، در حالی که ارقام حساس پوترسین را انباشته می‌نمایند. در این گیاه انباشتگی بالای پوترسین و کاهش اسپرمیدین و اسپرمین همراه با حساسیت به شوری است. مشابه این نتایج در سایر گونه‌ها دیده شده و به همین دلیل برخی پژوهشگران نسبت اسپرمیدین و اسپرمین بر پوترسین را در تعیین پاسخ گیاه به شوری، را مهم دانسته‌اند (کریشنامورتی، ۱۹۸۹). نقش اسپرمیدین و اسپرمین در حفاظت از غشاءها و نشت الکترولیت‌ها و اسیدها آمینه در طی تنش شوری در گیاه جو دیده شده است (لویی و همکاران، ۲۰۰۶).

کاربرد پلی‌آمین‌ها در گیاهان تحت تنش شوری، از پراکسیداسیون لیپیدها و تخریب ماکرومولکول‌ها جلوگیری می‌کند. تخفیف اثر تنش شوری می‌تواند نتیجه بهبود برخی واکنش‌های فتوشیمیایی برگ و افزایش تبادل گاز فتوسنتزی باشد.

۲-۱۷-۵- تأثیر محلول پاشی ترکیبات پلی‌آمین بر کاهش ریزش جوانه‌های گل در درختان

میوه

گزارش‌ها حاکی از آن است که ارتباط نزدیکی بین پلی‌آمین‌های درون زای جوانه‌های گل و درصد ریزش آنها وجود دارد به گونه‌ای که در زمان ریزش جوانه‌های گل غلظت پلی‌آمین‌های درون زای جوانه‌ها بخصوص اسپرمین کاهش می‌یابد (روسالس و همکاران، ۲۰۰۴). با توجه به این گزارش به نظر می‌رسد که محلول پاشی پلی‌آمین اسپرمین از طریق افزایش غلظت این ماده در شاخه‌ها نقش مهمی در جلوگیری از ریزش جوانه‌های گل ایفا می‌نماید. برخی پژوهش‌ها نشان دادند که میزان پلی‌آمین‌های آزاد در گل‌ها و میوه‌های درختان انگور، آلو و مرکبات با رشد و نمو میوه ارتباط دارد و کاهش این مواد در گل‌ها و میوه‌ها

منجر به افزایش شدت ریزش آن‌ها می‌گردد (آریاس و همکاران، ۲۰۰۵). از طرفی مشخص شده است که کاربرد خارجی پلی‌آمین‌های آزاد در درختان انبه و لیچی از ریزش شدید میوه‌ها جلوگیری می‌کند (مالک و سینگ، ۲۰۰۶). نقش پلی‌آمین در افزایش تقسیم و نمو سلولی گل‌ها و میوه‌های کوچک در گیاهان مختلف گزارش شده است. به نظر می‌رسد که پلی‌آمین‌ها در بهبود عمل لقاح و سپس رشد و نمو جنین نقش مهمی ایفا نموده و از این طریق در کنترل ریزش میوه‌ها نقش دارند. از طرفی نشان داده شده است که برای سنتز پلی‌آمین‌ها پیش ماده S-آدنوزین متیونین نیاز می‌باشد که برای سنتز اتیلن نیز همین پیش ماده لازم است بنابراین با افزایش سنتز پلی‌آمین‌ها و یا افزایش غلظت آن‌ها در گیاه، سنتز اتیلن کاهش می‌یابد (آلکازار و همکاران، ۲۰۰۶). لذا کاهش ریزش میوه‌ها پس از محلول‌پاشی با اسپرمین و اسپرمیدین ممکن است به دلیل کاهش سنتز اتیلن باشد.

۲-۱۸- آنزیم‌ها

بررسی‌ها مؤید این است که گونه‌های سازگار به محیط‌های خشک در شرایط بروز تنش خشکی، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان خود را مانند پراکسیداز، سوپراکسید دیسموتاز و کاتالاز، در جهت خنثی سازی رادیکال‌های آزاد تولید شده افزایش می‌دهند. به طور کلی، با افزایش تنش خشکی، فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز افزایش می‌یابد، افزایش رادیکال‌های آزاد مثل سوپر اکسید نتیجه مواجهه گیاه با تنش‌های محیطی مانند خشکی است. در این راستا، واکنش بعدی گیاه، سنتز و فعالیت بیشتر آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در جهت خنثی سازی هر چه بیشتر آنیون مخرب سوپراکسید می‌باشد. نتایج تحقیقات مؤید این است که همبستگی مثبت و بسیار بالایی بین تحمل به تنش‌های اکسیداتیو، که به دلیل تنش‌های محیطی ایجاد می‌شود، و افزایش غلظت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان وجود دارد (سایرام و همکاران، ۲۰۰۰). بنابراین

مکانیسم‌هایی در گیاه که باعث کاهش تنش اکسیداتیو می‌شوند، می‌توانند نقش مهمی در سازگاری گیاه به محیط‌های دارای تنش ایفا نمایند.

۲-۱۹- اجزای عملکرد نخود

تجزیه و تحلیل رشد گیاه وسیله‌ای برای شناخت فیزیولوژی، اکولوژی و اصلاح نبات است (پورتر و گارنیر، ۱۹۹۶). رشد و نمو رویشی و زایشی گیاه تحت تأثیر محیط می‌باشد که فرآیندهای مقدار زیست توده، توزیع و تجمع مواد در اندام‌های اقتصادی گیاه را متأثر می‌سازد (کوچکی و بنایان اول، ۱۳۷۳). به کمک تجزیه رشد و معادلات ریاضی، اجزای رشد گیاه را می‌توان به صورت کمی تعیین نمود. پارامترهای مورد استفاده برای تعیین اجزای رشد به عنوان شاخص‌های رشد شناخته می‌شوند (وری، ۱۹۹۰). هدف اصلی از کاربرد معادلات رشد توضیح عکس‌العمل گیاه به شرایط محیط می‌باشد (بالوک و همکاران، ۱۹۸۸). رشد گیاه در مزرعه غالباً بر اساس میزان تجمع ماده خشک و سطح برگ تعیین می‌شود (کوچکی و بنایان اول، ۱۳۷۳). رابطه اجزای عملکرد حبوبات از طریق معادله زیر بیان می‌شود:

$$Y = D \cdot P \cdot S \cdot T / 100000$$

Y عملکرد دانه (تن در هکتار)، D متوسط تعداد بوته در واحد سطح (متر مربع)، P متوسط تعداد غلاف در بوته، S متوسط تعداد بذر در غلاف، T وزن هزار دانه (گرم)

اجزای عملکرد نخود شامل تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن دانه می‌باشند (خاناچوپرا و سین ها، ۱۹۸۸).

فصل سوم:

مواد و روش‌ها

۳-۱- زمان و محل اجرای آزمایش

این آزمایش در سال ۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود، واقع در شهر بسطام، به اجرا درآمد.

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

مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود در ۷ کیلومتری این شهر و در نزدیکی بسطام واقع شده است که از نظر اقلیمی جزء مناطق گرم و خشک و دارای زمستانی سرد می باشد. ارتفاع محل اجرای آزمایش از سطح دریا ۱۳۴۹ متر است. در زمستان دمای هوا به ۱۴- درجه سانتی گراد و در تابستان دمای هوا تا ۴۲ درجه بالای صفر می رسد. بر اساس اطلاعات ثبت شده در ایستگاه هواشناسی میانگین سالیانه دما در این منطقه ۱۴/۴ درجه سانتی گراد و میانگین بارندگی سالیانه ۱۶۰ میلی متر گزارش شده است.

۳-۳- مشخصات خاک محل اجرای آزمایش

به منظور تعیین بافت خاک، وضعیت عناصر غذایی بویژه N-P-K و تشخیص خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از انجام عملیات آماده سازی و اجرای طرح، در ۳ نقطه مختلف هر تکرار از عمق صفر تا ۳۰ سانتی متری نمونه گیری انجام شد، سپس خاک ها با هم مخلوط شده و نمونه یک کیلوگرمی که گویای تمام مزرعه بود به آزمایشگاه منتقل شد و مورد تجزیه قرار گرفت که نتایج آن در جدول ۳-۱ نشان داده شده است.

جدول ۳-۱: نتایج تجزیه شیمیایی و فیزیکی خاک مزرعه

عوامل مورد تجزیه	نتیجه آزمون
قابلیت هدایت الکتریکی (EC) (دسی زیمنس بر متر)	۰/۶۵
اسیدیته خاک (pH)	۷/۹۱
درصد کربن آلی	۰/۱۹
درصد مواد آلی	۰/۳۳
کلسیم و منیزیم (me/l)	۵۵
کلسیم قابل جذب (me/l)	۳۳
منیزیم قابل جذب (ppm)	۲۲
نیتروژن قابل جذب (ppm)	۰/۰۴
فسفر قابل جذب (ppm)	۱۰
پتاسیم قابل جذب (ppm)	۲۲۱/۰

بر اساس اطلاعات بدست آمده بافت خاک لومی تعیین شد.

۳-۴- مشخصات طرح آزمایش

آزمایش به صورت اسپلیت پلات بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. فاکتورهای مورد استفاده در این طرح شامل دور آبیاری در سه سطح شاهد (آبیاری معمول منطقه؛ ۷ روز)، دور

آبیاری (۱۰ روز)، دور آبیاری (۱۳ روز) و محلول پاشی اسپرمیدین در سه سطح شاهد (پاشش آب بر گیاه)، اسپرمیدین با غلظت ۰/۳ و ۰/۶ میلی مولار می‌باشند.

۳-۵- مشخصات پلات‌ها

هر تکرار شامل ۹ کرت بود که با احتساب ۳ تکرار، تعداد کرت ها ۲۷ عدد است. هر کرت (پلات) به مساحت ۸ متر مربع بود.

۳-۶- آماده سازی زمین

عملیات تهیه زمین در اوایل اردیبهشت ماه سال ۱۳۹۵ صورت گرفت. در ابتدا زمین مورد نظر توسط گاواهن برگردان دار شخم زده شد و سپس اقدام به عمل تسطیح زمین گردید. در پایان به وسیله فاروئر پشته‌هایی به عرض ۳۵ سانتی‌متر ایجاد گردید. ابتدا ابعاد کرت‌ها در زمین مورد آزمایش مشخص شد و سپس جوی‌های آبیاری تعبیه گردیدند. هر کرت آزمایشی شامل چهار ردیف کشت به طول ۴ متر بود و فاصله بذور روی ردیف های کاشت ۱۰ سانتی متر در نظر گرفته شد. با توجه به شرایط خاک، نوع آبیاری و... بذور در عمق ۵ سانتی متری خاک قرار داده شدند. یک خط به صورت نکاشت به عنوان حایل بین کرت‌های اصلی قرار گرفت. جوی‌های آبیاری به نحوی تعبیه شد که آب آبیاری اضافی هر تکرار توسط یک جوی خروجی در انتهای کرت‌ها از مزرعه خارج شود.

۳-۷-۲-مراحل اجرای آزمایش

۳-۷-۱-کاشت بذور

کاشت بذور به صورت دستی و بر اساس نقشه طرح، در تاریخ ۱ خرداد ۱۳۹۵ صورت گرفت. بذور در عمق ۴-۵ سانتی متری با فاصله روی ردیف ۱۰ سانتی متر و بین ردیف ۶۵ سانتی متر روی پشته‌ها کشت گردید.

۳-۷-۲-داشت و مبارزه با علف‌های هرز و آفات

عملیات داشت در طی فصل رشد و تمام مراحل رشد گیاه به صورت مداوم انجام شد. وجین علف‌های هرز در کل دوره رشد گیاه به صورت دستی انجام شد. علف‌های هرز مهم در مزرعه شامل پیچک صحرایی، قیاق و خارشتر بودند. هیچ گونه بیماری و حشره‌ای که آفت نخود باشد در مزرعه مشاهده نشد، بنابراین به مبارزه شیمیایی احتیاجی نبود.

۳-۸-آبیاری

آبیاری به روش جوی و پشته انجام گرفت و اولین آبیاری بلافاصله پس از کشت و آبیاری بعدی یک هفته بعد آبیاری اول صورت گرفت. بطور کلی فاصله آبیاری قبل از اعمال تنش خشکی، هر ۷ روز یک بار بود. برای اعمال تنش خشکی (دور آبیاری)، بعد از استقرار کامل گیاه، آبیاری پلات‌ها طبق نقشه انجام شد، به طوری که فواصل آبیاری ۷، ۱۰ و ۱۳ روز یک بار بود.

۳-۹-محلول پاشی

پس از استقرار کامل بوته‌ها تیمار اسپرمیدین اعمال شد، نحوه اعمال تیمار به صورت محلول پاشی برگ‌ی بود. محلول پاشی در مراحل (الف) چهار برگ‌ی، (ب) گلدهی و (ج) شیرگی شدن دانه و بر اساس نقشه کشت

با غلظت ۰/۳ و ۰/۶ میلی مولار انجام شد. محلول پاشی در هنگام غروب و در هوای صاف انجام شد صوری که برگ‌های گیاه به طور کامل خیس شدند.

۳-۱۰- نمونه برداری

۳-۱۰-۱- نمونه برداری شاخص‌های زراعی

نمونه برداری یک بار در اواسط فصل رشد و از برگ‌های گیاه جهت اندازه گیری کلروفیل و فعالیت آنزیم‌ها انجام شد. نمونه برداری بعدی در اواخر فصل رشد (اواسط مرداد) انجام شد. برای نمونه برداری دو ردیف کناری و ۵۰ سانتی متر از ابتدا و انتهای هر پلات به عنوان حاشیه حذف شدند. سپس ۳ بوته طوری انتخاب شد که تا حد زیادی خصوصیات پلات را نشان دهد. بوته‌ها از سطح خاک و از ناحیه طوقه قطع شدند، سپس جهت اندازه‌گیری صفات مورد نظر به دو بخش برگ و ساقه تقسیم شدند. اجزاء به صورت جداگانه در داخل پاکت گذاشته و شماره‌گذاری شده و سپس به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند تا کاملاً خشک شوند. پس از خشک شدن با ترازوی حساس وزن شدند. ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، عملکرد بیولوژیک، تعداد غلاف در بوته، درصد پروتئین دانه و تعداد دانه در بوته محاسبه شد.

۳-۱۱- اندازه‌گیری اجزای عملکرد

نمونه برداری جهت اندازه‌گیری اجزای عملکرد گیاه در آخر فصل انجام شد. اجزای عملکرد در یک گیاه زراعی مؤلفه‌های میزان تولید نهایی گیاه بوده و در هر گیاه زراعی دارای اجزای عملکرد خاص خود است. اجزای عملکرد گیاه نخود شامل تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و وزن صد دانه می‌باشند. این اجزاء به همراه وزن غلاف در بوته محاسبه شدند. به منظور اندازه‌گیری اجزای عملکرد، ۳ بوته از هر پلات از ناحیه طوقه بریده شد و به آزمایشگاه منتقل شد. جهت توزین وزن خشک غلاف و دانه از ترازوی حساس با دقت ± 0.01 استفاده شد.

عملکرد دانه با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد:

$$Y=D.P.S.T/100000$$

Y عملکرد دانه (تن در هکتار)، D متوسط تعداد بوته در واحد سطح (متر مربع)، P متوسط تعداد غلاف در بوته، S متوسط تعداد بذر در غلاف، T وزن هزار دانه (گرم)

۳-۱۲- اندازه‌گیری کلروفیل

اندازه‌گیری کلروفیل جهت بررسی اثر متقابل تنش خشکی و اسپرمیدین بر روی آن بعد از اعمال تنش خشکی و محلول پاشی در اواخر مرحله دانه بندی که برگ‌های گیاه هنوز سبز بودند انجام شد. به این صورت که برای هر پلات سه بوته جهت اندازه‌گیری کلروفیل در نظر گرفته شد. ملاک برای هر بوته میانگین داده‌ها بود. جهت سنجش این پارامتر از روش آرنون (۱۹۴۹) استفاده شد. برای این منظور ۰/۲۵ گرم وزن تر برگ که از برگ‌های کاملاً توسعه یافته فوقانی برداشت شده بود با ۱۰ میلی لیتر استون ۸۰ درصد در هاون چینی ساییده و هموژنیزه گردید. سپس در داخل لوله سانتریفیوژ ریخته و به مدت ۵ دقیقه با شدت ۵۰۰۰ دو در دقیقه سانتریفیوژ شد. فاز بالایی (شفاف) برداشته و در داخل لوله بالون ژورژه ۲۵ میلی لیتر ریخته شد، مواد ته لوله سانتریفیوژ مجدداً به همراه ۱۰ میلی لیتر استون ۸۰ درصد ساییده سانتریفیوژ شد، فاز بالایی به بالون ژورژه اضافه شد. این عمل تا خاکستری شدن بافت برگ و رسیدن بالون به حجم ۲۵ میلی لیتر ادامه یافت سپس با دستگاه اسپکتروفتومتر مدل S2000 UV/VIS در طول موج های ۴۸۰، ۵۱۰، ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر قرائت شد. میزان کلروفیل a, b و کاروتنوئید با استفاده از فرمول های ۱، ۲ و ۳ محاسبه گردید. قبل از قرائت در این طول موج‌ها ابتدا با شاهد استون (۸۰ درصد) صفر شد.

$$Chla=12.7(A663)-2.69(A645)*v/1000*w$$

$$Chlb=22.9(A645)-4.68(A663)*v/1000*w$$

کلروفیل کل=کلروفیل a+کلروفیل b

۳-۱۳-صفات کیفی

۳-۱۳-۱-اندازه‌گیری میزان نیتروژن و پروتئین دانه

پس از برداشت، اندازه‌گیری نیتروژن و پروتئین دانه به روش کج‌دال و در آزمایشگاه گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود انجام شد. در این روش ابتدا نیتروژن دانه‌های نخود طی مراحل هضم کردن، تقطیر و تیتراسیون بدست می‌آید. برای عمل هضم یک گرم از بافت خوب پودر شده به بالن‌های مخصوص کج‌دال منتقل شد و و یک قرص کاتالیزور شامل ۱/۵ گرم سولفات پتاسیم و ۰/۱۵ گرم سولفات مس به هر فلاسک اضافه شد. برای انجام عمل هضم ۲۰ میلی لیتر اسید سولفوریک غلیظ اضافه شد و بالن‌ها درون اجاق مخصوص قرار داده شدند. زمانی که محلول سیاه رنگ داخل فلاسک‌ها تبدیل به محلول نسبتاً زلال به رنگ سبز بسیار کمرنگ شد، پایان عمل هضم مشخص گردید که معمولاً ۲ تا ۲/۵ ساعت زمان لازم داشت. میزان نیتروژن نمونه‌ها پس از سرد شدن در دمای آزمایشگاه توسط دستگاه کج‌دال سنجیده شد. دستگاه دارای سه مخزن آب مقطر، سود سوزآور ۴۰ درصد و اسید بوریک ۱۰ درصد بود. پس از قرار گرفتن یک فلاسک در دستگاه به ترتیب ۲۰ میلی لیتر آب مقطر و ۳۰ میلی لیتر سود سوزآور ۴۰ درصد به نمونه اضافه شده و با فشار بخار آب عمل تقطیر انجام گرفت. عمل تیتراسیون نیز توسط دستگاه صورت گرفت. در این مرحله از اسیدکلریدریک ۰/۱ نرمال استفاده شد. مقدار نیتروژن موجود در نمونه بر اساس مقدار اسیدکلریدریک مصرف شده در تیتراسیون توسط دستگاه مشخص شد. برای تبدیل مقدار اسید-کلریدریک ۰/۱ نرمال مصرف شده به درصد نیتروژن نمونه و تبدیل آن به درصد پروتئین از روابط زیر استفاده شد. ضریب تبدیل پروتئین برای نخود ۵/۳ در نظر گرفته شد (ملازم الحسینی، ۱۳۹۳). برای محاسبه عملکرد پروتئین دانه از حاصلضرب عملکرد دانه در درصد پروتئین آن استفاده شد.

$$\text{درصد نیتروژن نمونه} = 0.56 \times t \times (a-b) \times V/W \times 100/DM$$

ضریب تبدیل نیتروژن $\times$ درصد نیتروژن = درصد پروتئین

DM = درصد ماده خشک گیاه

N = غلظت نیتروژن بر حسب درصد

T = غلظت اسید،

a = میزان اسید مصرفی جهت نمونه بر حسب ml

b = میزان اسید مصرفی جهت شاهد بر حسب ml

V = حجم عصاره حاصل از عمل هضم بر حسب ml

W = وزن نمونه گیاه جهت هضم بر حسب گرم،

۳-۱۴- اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز (CAT)

تهیه عصاره پروتئینی:

برای اندازه‌گیری آنزیم‌ها ۰/۵ گرم اندام تر برگ در یک هاون چینی محتوی ۵ میلی لیتر بافر تریس ۰/۰۵ مولار (PH=7/5) به مدت ۳۰ دقیقه در حمام یخ به طور کامل ساییده شد. سپس به لوله سانتریفیوژ منتقل شد و پس از ده دقیقه سکون به مدت ۳۰ دقیقه در ۱۵۰۰۰ دور، سانتریفیوژ انجام شد. در پایان این مرحله لوله‌ها به آرامی از دستگاه خارج و فاز رویی از کاغذ صافی عبور داده شد، و در طول موج ۵۹۵ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر قرائت شد عصاره‌های پروتئینی حاصل برای بررسی فعالیت آنزیم‌ها مورد استفاده قرار گرفت (برادفورد، ۱۹۷۶). آنزیم کاتالاز در بیشتر سلول‌ها یافت می‌شود و عمدتاً در پراکسیزوم‌ها وجود دارد. فعالیت کاتالیتیک، فعالیت اصلی این آنزیم بوده و طی آن هیدروژن پراکسید (H_2O_2) طبق واکنشی به آب و اکسیژن تجزیه می‌شود. روش‌های مختلفی برای ارزیابی فعالیت کاتالاز وجود دارد. به طور کلاسیک، فعالیت کاتالاز را از روی تغییرات غلظت H_2O_2 در طول موج ۲۴۰ نانومتر ارزیابی

می‌کنند. در این روش، آنزیم کاتالاز موجود در نمونه سرم با تجزیه پراکسید هیدروژن سبب کاهش جذب این ماده در طول موج ۲۴۰ نانومتر می‌شود و از تفاوت جذب A240 در واحد زمان، اندازه گیری می‌شود. برای سنجش فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز اقدام به استخراج عصاره به گردید. مخلوط واکنش به حجم ۳ میلی‌لیتر شامل ۲/۸ میلی‌لیتر بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار با $\text{pH} = 6/8$ ، عصاره آنزیمی (۱۰۰ میکرولیتر)، آب اکسیژنه ۰/۴۵ مولار اضافه شد. فعالیت آنزیمی با اضافه کردن آب اکسیژنه به مخلوط واکنش شروع شد. محلول بلانک فاقد آب اکسیژنه بود. کاهش میزان جذب نور در طول موج ۲۴۰ نانومتر در ۱ دقیقه اول بعد از افزودن آب اکسیژنه قرائت گردید. در نهایت فعالیت آنزیم کاتالاز بر اساس ضریب خاموشی (ϵ) برابر با $\text{m}^{-1}\text{cm}^{-1}\text{M}^{-1}$ در دقیقه به ازای یک میلی‌گرم پروتئین بیان گردید. اندازه گیری کاتالاز به روش ابی (۱۹۸۴) انجام گرفت. مخلوط واکنش شامل ۵/۲ میلی‌لیتر بافر فسفات ۵۰ میلی‌مولار ($\text{pH}=7$) شامل ۰/۲ میلی‌لیتر پراکسید هیدروژن ۱ درصد و ۰/۳ میلی‌لیتر عصاره استخراجی بود. سپس فعالیت آنزیم کاتالاز به صورت کاهش در جذب طی یک دقیقه در طول موج ۲۴۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر محاسبه شد. برای سنجش فعالیت از کاتالاز از ضریب خاموشی ($0/043 \text{ Mm}^{-1} \text{cm}^{-1}$) استفاده شد.

۳-۱۵- اندازه‌گیری آنزیم گایاکول پراکسیداز

سنجش فعالیت گایاکول پراکسیداز بر اساس روش چنس و مهلی همراه با تغییراتی انجام شد (چنس و مهلی، ۱۹۵۵). مخلوط واکنش به حجم ۳ میلی‌لیتر شامل ۲/۷ میلی‌لیتر بافر فسفات ۲۵ میلی‌مولار با ۶/۸ $\text{pH} =$ ، گایاکول ۰/۶ مولار (۱۰۰ میکرولیتر)، عصاره آنزیمی (۱۰۰ میکرولیتر)، آب اکسیژنه ۱/۲ مولار (۱۰۰ میکرولیتر)، بود. فعالیت آنزیمی با اضافه کردن آب اکسیژنه به مخلوط واکنش شروع شد. بلانک فاقد آب اکسیژنه بود. افزایش جذب نور در طول موج ۴۷۰ نانومتر در ۱ دقیقه‌ی اول بعد از افزودن آب اکسیژنه اندازه‌گیری شد. در نهایت فعالیت آنزیم پراکسیداز بر اساس میکرومول تتراگایاکول تشکیل شده ضریب خاموشی (ϵ) برابر با $26/6 \text{ m M}^{-1}\text{cm}^{-1}$ در دقیقه به ازای یک میلی‌گرم پروتئین بیان گردید.

۳-۱۶- تجزیه آماری نتایج

در این تحقیق برای تجزیه واریانس داده‌ها از نرم افزار SAS برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح احتمال متناسب با سطح احتمال معنی‌دار شدن مندرج در جدول تجزیه واریانس استفاده شد.

فصل چہارم:

نتایج و بحث

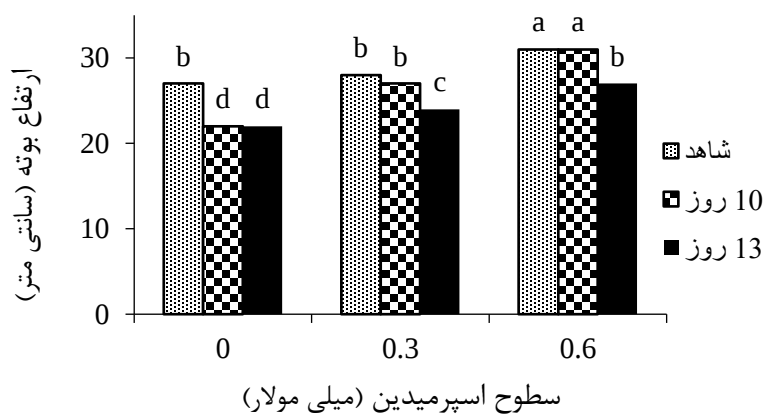
۴-۱- ارتفاع بوته

همانطور که در جدول ۴-۱ مشهود است اثر اصلی فاکتورها و همچنین برهمکنش آنها بر ارتفاع بوته در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار گردید. ارتفاع نهایی گیاه معمولاً تحت تأثیر عوامل ژنتیکی است ولی محیط نیز ارتفاع بوته را تحت تأثیر قرار می دهد. ارتفاع جزء مهمی در تعیین عملکرد نمی باشد ولی احتمالاً ارقام با ارتفاع بلندتر عملکرد ماده خشک بیشتری دارند (سلیمی، ۱۳۸۹). به طوری که در شکل ۴-۱ آورده شده است، در شرایط واجد تنش نسبت به شرایط فاقد تنش، ارتفاع بوته کمتر بود که با نتایج به دست آمده توسط دیگر پژوهشگران مشابه است. کاهش فاصله میانگره ها و متعاقب آن ارتفاع کمتر بخش هوایی، یک ساز و کار مهم سازگاری گیاهان در شرایط تنش خشکی است (گوپتا، ۱۹۹۵). محلول پاشی اسپرمیدین توانست ارتفاع بوته را در شرایط وجود تنش خشکی نسبت به شاهد بالا ببرد (شکل ۴-۱). بر همین اساس می توان گفت که اسپرمیدین اثر تنش خشکی را بر این صفت تقلیل داده است. کاربرد پلی آمین ها به شکل اگزوزن سبب به حداقل رسانیدن کاهش رشد در شرایط تنش می شود. بیشترین ارتفاع بوته در شرایط محلول پاشی با غلظت ۰/۶ میلی مولار اسپرمیدین برای گیاهان تنش ندیده و گیاهان روییده در تنش ملایم بدست آمد.

جدول ۴-۱- تجزیه واریانس اثر دور آبیاری و اسپرمیدین بر ارتفاع بوته

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
تکرار	۲	۸۱/۶۷ ^{ns}
دور آبیاری (D)	۲	۷۲۳/۳۷ **
اشتباه ۱	۴	۷۰/۱۲
اسپرمیدین (SP)	۲	۸۸۷/۰۳ **
D × SP	۴	۴۱۵/۳۱ **
اشتباه ۲	۱۲	۴۱/۶۱

و* به ترتیب بیان گر معنی داری در سطح ۵ و ۱ درصد و ^{ns} بیان گر عدم معنی داری می باشد.



شکل ۴-۱- مقایسه میانگین اثر متقابل دور آبیاری و اسپرمیدین بر ارتفاع بوته

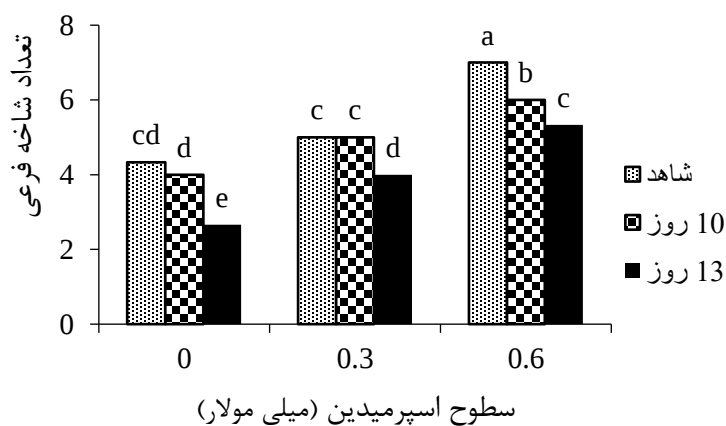
۴-۲- تعداد شاخه فرعی

بین تعداد شاخه‌های فرعی بوته و عملکرد گیاه رابطه‌ی مستقیم وجود دارد. طبق نتایج بدست آمده تعداد شاخه فرعی در بوته نخود در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر تنش خشکی و اسپرمیدین قرار گرفت (جدول ۴-۲). همچنین اثر متقابل آنها در سطح آماری ۱ درصد معنی دار بود. تنش خشکی موجب شد تعداد شاخه فرعی نسبت به شاهد کاهش یابد (شکل ۴-۲). یوسفی و همکاران (۱۳۷۶) نشان دادند که آبیاری تکمیلی در مرحله گلدهی تأثیر معنی‌داری بر تعداد شاخه‌های جانبی نخود داشت و در این زمان رشد رویشی فعال بود. شاخه دهی در نخود به شدت تحت تأثیر شرایط محیطی به ویژه خصوصیات فیزیکی خاک و یا تنش خشکی قرار می‌گیرد، بنابراین شرایط محیطی می‌تواند سهم شاخه‌ها از عملکرد نهایی را تغییر دهد (گنجعلی همکاران، ۱۳۸۷). با توجه به شکل ۴-۲ بیشترین تعداد شاخه فرعی مربوط به تیمار محلول پاشی با غلظت ۰/۶ میلی مولار و در دور آبیاری ۷ روز بدست آمد. کمترین تعداد شاخه فرعی مربوط به تنش شدید و عدم محلول پاشی بود.

جدول ۴-۲- نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل دور آبیاری و اسپرمیدین بر تعداد شاخه فرعی

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
تکرار	۲	۱۰/۶۷ ^{ns}
دور آبیاری (D)	۲	۴۵/۳۷ **
اشتباه ۱	۴	۵/۱۲
اسپرمیدین (SP)	۲	۸۱/۰۳ **
D × SP	۴	۱۵/۳۱ **
اشتباه ۲	۱۲	۳/۶۱

و* به ترتیب بیان گر معنی داری در سطح ۵ و ۱ درصد و ^{ns} بیان گر عدم معنی داری می باشد.



شکل ۴-۲- مقایسه میانگین اثر متقابل دور آبیاری و اسپرمیدین بر تعداد شاخه فرعی

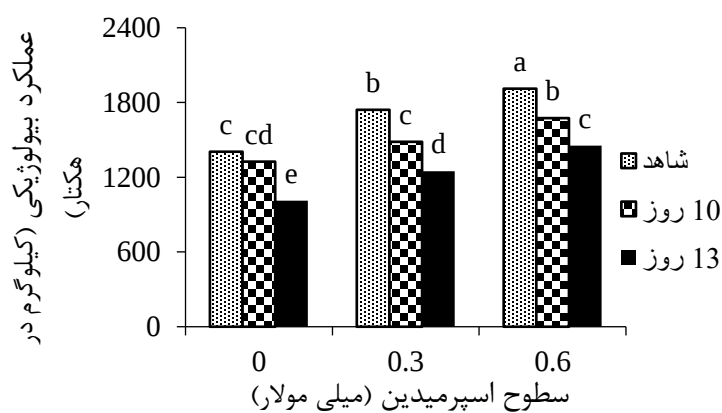
۴-۳- وزن خشک اندام هوایی (عملکرد بیولوژیکی)

تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که تنش خشکی و اسپرمیدین در سطح احتمال ۱ درصد عملکرد بیولوژیکی را تحت تأثیر قرار داده همچنین اثر متقابل آن‌ها از نظر آماری معنی‌دار می‌باشد (جدول ۴-۳). تقریباً می‌توان گفت که متناسب با افزایش غلظت اسپرمیدین مورد محلول پاشی، عملکرد بیولوژیکی نیز افزایش یافته است (شکل ۴-۳). این امر بر تقلیل اثرات تنش خشکی توسط اسپرمیدین دلالت دارد. بالاترین عملکرد بیولوژیکی در شرایط آبیاری معمول و محلول پاشی با غلظت ۰/۶ میلی مولار و کمترین آن نیز در شرایط تنش شدید و عدم استفاده از اسپرمیدین حاصل شد. به نظر می‌رسد آبیاری در مرحله گلدهی و پرشدن غلاف‌های نخود به دلیل تأثیر مثبت بر توسعه تعداد شاخه‌های فرعی و ارتفاع بوته در افزایش عملکرد بیولوژیک موثر بوده است. تأثیر تنش خشکی بر کاهش تجمع ماده خشک و کاهش دوره رشد به خصوص گرده افشانی تا رسیدگی و نیز اثر آن بر کاهش سطح برگ به تأیید محققین رسیده است (داهیا و همکاران، ۱۹۹۳). در خصوص تأثیر محلول پاشی اسپرمیدین بر روی عملکرد بیولوژیک نخود، می‌توان اظهار کرد که اسپرمیدین با حفظ ساختارهای سلولی و جلوگیری از تخریب کلروپلاست در شرایط تنش می‌تواند موجب بهبود میزان فتوسنتز و رشد و در نتیجه افزایش بیوماس گیاهی و در نهایت افزایش عملکرد بیولوژیک گردد. تأثیر تنش خشکی بر کاهش تجمع ماده خشک و کاهش طول دوره رشد به خصوص گرده افشانی تا رسیدگی و نیز اثر آن بر کاهش سطح برگ به تأیید محققین رسیده است (داهیا و همکاران، ۱۹۹۳).

جدول ۴-۳- نتایج تجزیه واریانس داده‌های حاصل از تأثیر اسپرمیدین و دور آبیاری بر عملکرد بیولوژیک

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
تکرار	۲	۵۰۴۹۸۵/۶۷ ^{ns}
دور آبیاری (D)	۲	۲۸۷۶۵۵۳/۷۹ **
اشتباه ۱	۴	۴۰۹۷۷۳/۱۲
اسپرمیدین (SP)	۲	۹۹۹۸۹۱/۰۳ **
D × SP	۴	۸۸۹۳۴۱/۶۴ **
اشتباه ۲	۱۲	۲۲۷۶۴۳/۸۸

* و ** به ترتیب بیان گر معنی داری در سطح ۵ و ۱ درصد و ns بیان گر عدم معنی داری می‌باشد.



شکل ۴-۳- نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل دور آبیاری و اسپرمیدین بر عملکرد بیولوژیک.

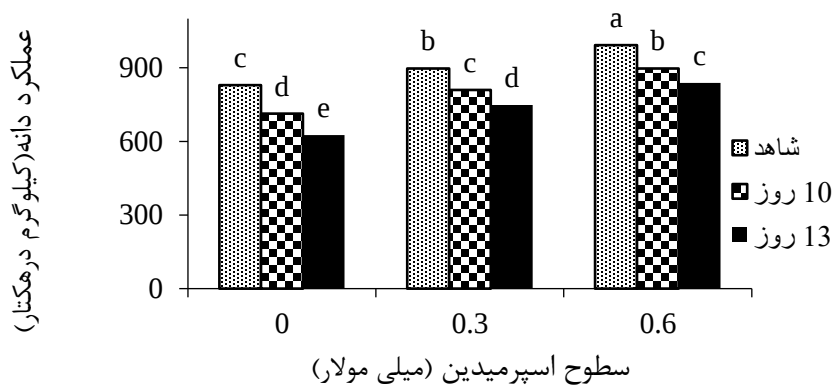
۴-۴-عملکرد دانه

عملکرد دانه از مهمترین شاخص‌های اقتصادی در گیاهان دانه‌ای محسوب می‌گردد. نتایج جدول تجزیه واریانس حاکی از تأثیر معنی دار تیمارهای مورد بررسی بر عملکرد دانه می باشد (جدول ۴-۴). این امر در خصوص تأثیر متقابل تیمارها نیز صادق است. تنش خشکی موجب کاهش معنی دار عملکرد دانه نسبت به شاهد شد (شکل ۴-۴). آبیاری معمول عملکرد دانه را در نخود در مقایسه با دو سطح تنش به طور معنی داری افزایش داده است. با توجه به رابطه خطی بین ماده خشک تولیدی و عملکرد اقتصادی نخود (سلطانی و همکاران، ۱۳۸۶)، کاهش عملکرد در شرایط تنش را می‌توان از جمله عوامل موثر بر این مسئله دانست. دانشیان و همکاران (۱۳۸۱) گزارش نمودند که بر اثر تنش خشکی در سویا عملکرد دانه کاهش یافت که ناشی از کاهش تعداد دانه در گیاه و وزن هزار دانه بود. بیشترین عملکرد دانه مربوط به تیمار ۰/۶ میلی مولار اسپرمیدین بود. با اعمال تنش خشکی عملکرد کاهش یافت به طوری که هم در تنش ملایم و هم در شرایط تنش شدید کاهش عملکرد معنی دار بود. محلول پاشی اسپرمیدین عملکرد دانه را افزایش داد. این افزایش در کلیه سطوح تنش صادق بود.

جدول ۴-۴- نتایج تجزیه واریانس داده‌های حاصل از تأثیر اسپرمیدین و دور آبیاری بر عملکرد دانه

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
تکرار	۲	۴۰۱۵۴/۶۷ ^{ns}
دور آبیاری (D)	۲	۵۹۱۳۱۱/۲ **
اشتباه ۱	۴	۷۰۱۵۴/۴۵
اسپرمیدین (SP)	۲	۸۴۰۰۷۸/۰۳ **
D × SP	۴	۶۰۲۸۲۰/۳۱ **
اشتباه ۲	۱۲	۱۵۳۳۵۲/۳۹

* و ** به ترتیب بیان‌گر معنی‌داری در سطح ۵ و ۱ درصد و ns بیان‌گر عدم معنی‌داری می‌باشد.



شکل ۴-۴- نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل دور آبیاری و اسپرمیدین بر عملکرد دانه.

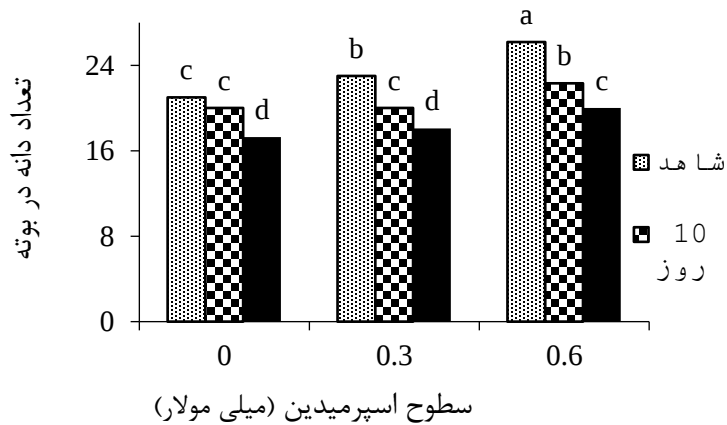
۴-۵- تعداد دانه در بوته

نتایج نشان می‌دهد اثرات اصلی و متقابل تنش خشکی و اسپرمیدین بر تعداد دانه در بوته در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شده است (جدول ۴-۵). اعمال تنش خشکی موجب شد تعداد دانه در بوته‌های نخود کاهش یابد و در مقابل محلول پاشی اسپرمیدین با غلظت ۰/۶ میلی مولار موجب افزایش این صفت شد (شکل ۴-۵)؛ به طوری که در تعداد دانه در شرایط تنش شدید و محلول پاشی غلظت ۰/۶ میلی مولار، همانند شرایط بدون وجود تنش خشکی و عدم استفاده از اسپرمیدین بود. به بیان دیگر، این غلظت از اسپرمیدین توانسته است تأثیر تنش خشکی بر این صفت را برطرف کند. شایان ذکر است که در شرایط عدم استفاده از اسپرمیدین، تفاوت معنی داری بین شاهد و تنش خشکی ملایم از نظر تعداد دانه در بوته وجود نداشت.

جدول ۴-۵- تجزیه واریانس تأثیر دور آبیاری و اسپرمیدین بر تعداد دانه در بوته

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
تکرار	۲	۱۰۰۰/۲۹**
دور آبیاری (D)	۲	۹۴۵/۲۵**
اشتباه ۱	۴	۸۳/۶۹
اسپرمیدین (SP)	۲	۱۹۱/۷۷**
D × SP	۴	۱۸۸/۷۴**
اشتباه ۲	۱۲	۳۷/۵۲

* و ** به ترتیب بیان‌گر معنی‌داری در سطح ۵ و ۱ درصد و ns بیان‌گر عدم معنی‌داری می‌باشد.



شکل ۴-۵- اثر متقابل دور آبیاری و اسپرمیدین بر تعداد دانه در بوته.

۴-۶- تعداد غلاف در بوته

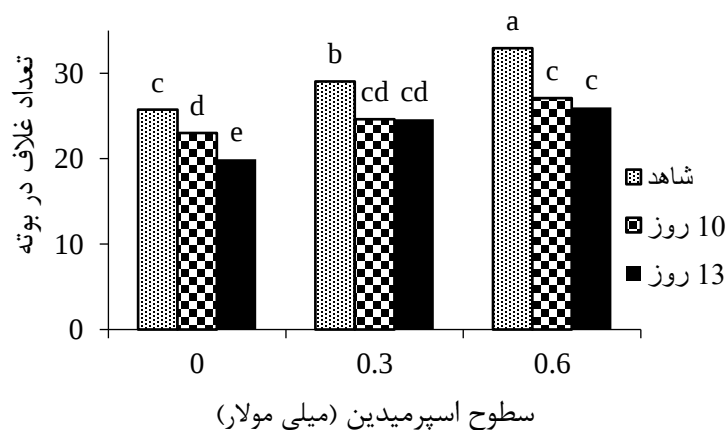
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان می‌دهد تنش خشکی و اسپرمیدین در سطح احتمال یک درصد تعداد غلاف در بوته را تحت تأثیر قرار داده‌اند (جدول ۴-۶). همچنین اثر متقابل فاکتورها در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد. در شرایط عدم استفاده از اسپرمیدین، متناسب با افزایش شدت تنش، تعداد غلاف در بوته روند نزولی داشت (شکل ۴-۶). این در حالی است که در شرایط استفاده از اسپرمیدین، بین تنش خشکی شدید و ملایم از نظر تعداد غلاف در بوته تفاوت معنی داری بدست نیامد. به نظر می‌رسد که وقوع تنش در مرحله گلدهی باعث ریزش گل‌ها شده است که به تبع آن تعداد غلاف نیز کاهش یافته است. اما تنش در مرحله خمیری دانه اثر کمتری بر تعداد غلاف دارد، زیرا تأثیر تنش در این مرحله بر تعداد غلاف و تعداد دانه بسیار کم است و عمدتاً بر وزن دانه تأثیر می‌گذارد (گنجعلی و نظامی، ۱۳۸۷). تنش خشکی مهمترین عامل کاهش عملکرد گیاهی مانند لوبیا چشم بلبلی می‌باشد، این کاهش عمدتاً به ریزش غلاف‌ها مربوط می‌شود. در این مورد غلاف‌ها زمانی شروع به ریزش می‌کنند که پیری برگ‌ها به دلیل

تنش خشکی آغاز شده باشد (سیدیکو و همکاران، ۲۰۰۰). همچنین باید به این نکته اشاره داشت که تحت تنش کمبود آب تعداد غلاف بیش از سایر اجزاء عملکرد را کاهش می‌دهد (یاداو و همکاران، ۱۹۹۶).

جدول ۴-۶- نتایج تجزیه واریانس اثر دور آبیاری و اسپرمیدین بر تعداد غلاف در بوته

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
تکرار	۲	۱۳۳/۴۶ ^{ns}
دور آبیاری (D)	۲	۱۰۹۰/۲۲ ^{**}
اشتباه ۱	۴	۱۱۳/۴۷
اسپرمیدین (SP)	۲	۶۲۱/۴۴ ^{**}
D × SP	۴	۱۰۰/۸۸ ^{**}
اشتباه ۲	۱۲	۶۵/۰۹

* و ** به ترتیب بیان‌گر معنی‌داری در سطح ۵ و ۱ درصد و ns بیان‌گر عدم معنی‌داری می‌باشد.



شکل ۴-۶- مقایسه میانگین اثر متقابل دور آبیاری و اسپرمیدین بر تعداد غلاف در بوته.

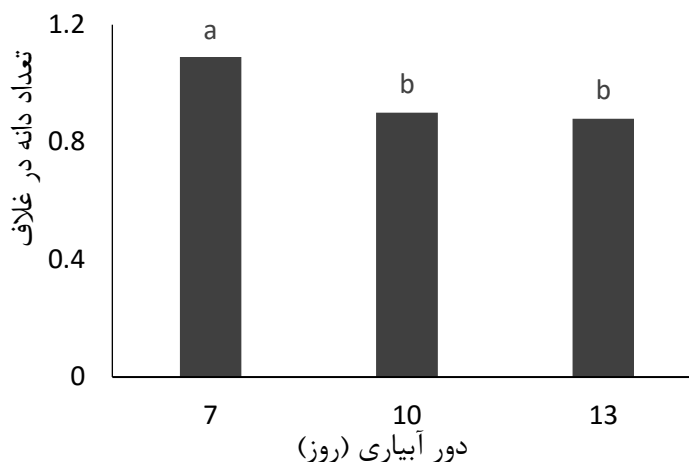
۷-۴- تعداد دانه در غلاف

همان گونه که در نتایج تجزیه واریانس (جدول ۷-۴) مشهود است تنش خشکی تعداد دانه در غلاف را در سطح آماری یک درصد تحت تأثیر قرار داده است. این در حالی است که اثر اسپرمیدین و برهمکنش اسپرمیدین و تنش خشکی بر این صفت معنی دار نشد. نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش معنی دار تعداد دانه در مقایسه با شاهد شده است (شکل ۷-۴). بین سطوح تنش ملایم (دور آبیاری ۱۰ روز) و شدید (دور آبیاری ۱۳ روز) اختلاف معنی داری وجود نداشت. نی و همکاران (۱۹۹۴) در مطالعات خود روی نخود به این نتیجه رسیدند که وقتی محدودیت مواد فتوسنتزی وجود داشته باشد دانه‌هایی که در بدو تشکیل هستند سقط می‌شوند و در نتیجه تعداد دانه در غلاف کاهش می‌یابد به طوری که ممکن است غلاف کاملاً پوک شود. بنابراین وجود تنش خشکی به خصوص در مرحله رشد زایشی می‌تواند باعث کاهش میانگین تعداد دانه در غلاف شود.

جدول ۷-۴- نتایج تجزیه واریانس اثر دور آبیاری و اسپرمیدین بر تعداد دانه در غلاف

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
تکرار	۲	۰/۲۲ ns
خشکی (D)	۲	۰/۹۳۷ **
اشتباه ۱	۴	۰/۱۱۳
اسپرمیدین (SP)	۲	۰/۰۶۳ ns
D × SP	۴	۰/۷۱ ns
اشتباه ۲	۱۲	۰/۰۵۹

* و ** به ترتیب بیان‌گر معنی‌داری در سطح ۵ و ۱ درصد و ns بیان‌گر عدم معنی‌داری می‌باشد.



شکل ۴-۷- مقایسه میانگین اثر دور آبیاری بر تعداد دانه در غلاف.

۴-۸- وزن صد دانه

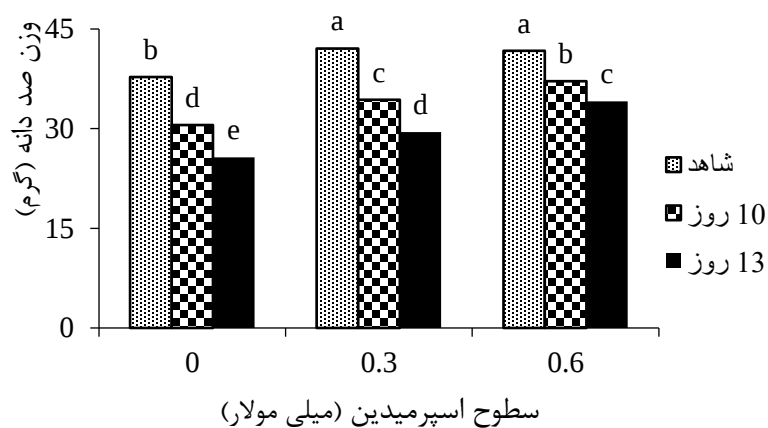
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تنش خشکی بر وزن صد دانه نخود در سطح آماری ۱ درصد معنی دار می باشد (جدول ۴-۸). اثر اسپرمیدین بر این صفت معنی دار نشد ولی برهمکنش آن با خشکی وزن صد دانه را در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر قرار داد. در همه سطوح اسپرمیدین، متناسب با افزایش شدت تنش خشکی، وزن صد دانه کاهش نشان داد (شکل ۴-۸). شایان توجه است در شرایط استفاده از ۰/۶ میلی مولار اسپرمیدین، میزان تأثیر پذیری وزن صد دانه از تنش خشکی کمتر از شرایط عدم استفاده از اسپرمیدین بود. این امر بر کاهش اثرات منفی تنش خشکی توسط اسپرمیدین دلالت دارد. جلیلیان و خدابنده (۱۳۷۷) دریافتند تحت شرایط تنش در مراحل گلدهی و پر شدن غلاف، اکثر صفات کاهش یافته که بیشترین خسارت وارده به عملکرد دانه ناشی از ریزش گل ها عنوان کردند و پس از آن کاهش وزن صد دانه بر اثر تنش در مرحله پر شدن غلاف قابل ملاحظه بود. به نظر می رسد که تنش در مرحله گلدهی با اختلال در فتوسنتز و انتقال مواد فتوسنتزی سبب کاهش وزن دانه می گردد. طی پژوهشی بیان شد که تنش خشکی در هر مرحله ای باعث کاهش عملکرد دانه می شود به نحوی که بیشترین خسارت وارده به آن

ناشی از ریزش گل‌ها و سپس تنش در مرحله پرشدن غلاف می‌باشد (جلیلیان و خدابنده، ۱۳۷۷). در دسترس بودن رطوبت کافی در زمان گلدهی باعث طولانی شدن دوره پر شدن دانه شده و در نتیجه مواد فتوسنتزی بیشتری به دانه اختصاص می‌یابد. تنش خشکی از طریق القای زودرسی، زمان لازم برای رشد بیشتر گیاه و انتقال بهینه تولیدات فتوسنتزی به دانه‌ها را محدود نموده و لذا پتانسیل عملکرد دانه کاهش می‌یابد (کومار و ابو، ۲۰۰۱). در آزمایشی بر روی لوبیا معمولی، لوبیا چشم بلبلی و نخود گزارش شد که مهم‌ترین و اثر گذارترین مرحله بر کاهش عملکرد در هر سه گیاه مورد آزمایش، مرحله گلدهی و تشکیل غلاف می‌باشد (تزفای و همکاران، ۲۰۰۶). دانشیان و همکاران (۱۳۸۱) گزارش نمودند که بر اثر تنش خشکی در سویا عملکرد دانه کاهش یافت که ناشی از کاهش تعداد دانه در گیاه و وزن هزار دانه بود. به نظر می‌رسد بالاتر بودن عملکرد دانه در شرایط عدم تنش، افزایش طول دوره رشد و فتوسنتز در گیاه، افزایش دوره پرشدن دانه و نیز بهبود قابل ملاحظه اجزای عملکرد یعنی تعداد غلاف در بوته و وزن صد دانه بوده است.

جدول ۴-۸- نتایج تجزیه واریانس اثرات دور آبیاری و اسپرمیدین بر وزن صد دانه

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
تکرار	۲	۱۶۸/۲۱ ns
دور آبیاری (D)	۲	۱۵۹۶/۹۹ **
اشتباه ۱	۴	۲۳۳/۰۲
اسپرمیدین (SP)	۲	۱۳۳/۶۰۷ Ns
D × SP	۴	۷۷۷/۵۹ **
اشتباه ۲	۱۲	۱۲۱/۸۹

* و ** به ترتیب بیان گر معنی داری در سطح ۵ و ۱ درصد و ns بیان گر عدم معنی داری می باشد.



شکل ۴-۸- مقایسه میانگین اثرات متقابل دور آبیاری و اسپرمیدین بر وزن صد دانه.

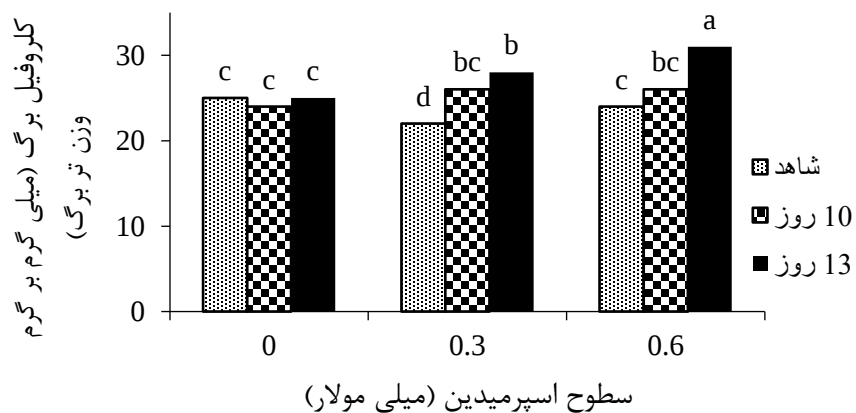
۹-۴- کروفیل برگ

پایداری کروفیل به عنوان یک معیار مقاومت به خشکی برای انتخاب ارقام مقاوم پیشنهاد شده است. با مراجعه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۹-۴) مشاهده می‌شود که اسپرمیدین، اثر تنش خشکی بر این صفت معنی‌دار شد. اثر متقابل این دو فاکتور بر کروفیل برگ معنی‌دار بدست آمد. در شرایط عدم استفاده از اسپرمیدین، اختلاف معنی‌داری بین سطوح تنش خشکی از لحاظ کروفیل برگ (عدد اسپد) وجود نداشت (شکل ۹-۴). ولی در سطوح دیگر اسپرمیدین، متناسب با افزایش شدت تنش خشکی، غلظت کروفیل افزایش یافته است. بالاترین میانگین کروفیل برگ در تیمار اسپرمیدین با غلظت ۰/۶ میلی مولار و در شرایط تنش شدید (۶۰ درصد افزایش دور آبیاری) حاصل شد. به طور کلی، در این آزمایش کروفیل برگ گیاهان محلول پاشی شده با اسپرمیدین در شرایط تنش خشکی بیشتر شده است. صالحی و همکاران (۱۳۸۲) در مطالعات خود روی میزان کروفیل برگ به عنوان شاخصی از تنش خشکی در گندم دریافتند که با افزایش تنش خشکی، عدد کروفیل متر (SPAD) بیشتر می‌شود. همچنین در پژوهشی دیگر، آنتولین و یولر (۱۹۹۵) دریافتند که با افزایش تنش خشکی میزان کروفیل برگ کاهش ولی نسبت کروفیل a/b افزایش می‌یابد. به نظر می‌رسد افزایش نسبت کروفیل a/b باعث تیره شدن برگ‌ها و افزایش عدد کروفیل متر می‌شود.

جدول ۴-۹- نتایج تجزیه واریانس تاثیر دور آبیاری و اسپرمیدین بر کلروفیل برگ

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
تکرار	۲	۱۳۴/۶۷ ^{ns}
دور آبیاری (D)	۲	۱۰۷۲/۱۷ ^{**}
اشتباه ۱	۴	۱۲۹/۸۲
اسپرمیدین (SP)	۲	۲۲۹/۵۵ ^{**}
D × SP	۴	۳۰۲/۱۲ ^{**}
اشتباه ۲	۱۲	۵۶/۷۷

* و ** به ترتیب بیان گر معنی داری در سطح ۵ و ۱ درصد و ns بیان گر عدم معنی داری می باشد.



شکل ۴-۹- مقایسه میانگین میزان کلروفیل برگ برای ترکیبات تیماری سه سطح دور آبیاری و سطوح اسپرمیدین.

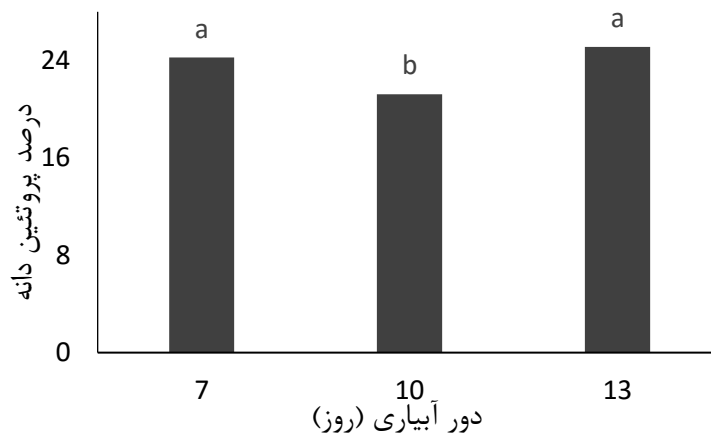
۴-۱۰- پروتئین دانه

با توجه به نتایج مندرج در جدول تجزیه واریانس (جدول ۴-۱۰)، تنش خشکی و اسپرمیدین در سطح احتمال یک درصد پروتئین دانه را تحت تأثیر قرار دادند. برهمکنش آنها معنی دار نشد. تنش ملایم، موجب کاهش درصد پروتئین دانه نسبت به شاهد شد اما تنش شدید افزایش آنرا به دنبال داشت (شکل ۴-۱۱). نخود یکی از حبوبات غنی از پروتئین بوده و این ترکیب نیتروژن دار، یکی از مهمترین صفات کیفی این گیاه به شمار می رود. در شرایط تنش خشکی به خصوص در مرحله پر شدن غلاف به واسطه کاهش طول دوره پر شدن دانه، کاهش فتوسنتز خالص و به طبع آن تکمیل نشدن وزن بالقوه دانه که عمدتاً ناشی از کاهش نشاسته می باشد، نسبت پروتئین به نشاسته در دانه افزایش و در واقع درصد پروتئین دانه افزایش می یابد (جلیلیان و همکاران ۱۳۸۴). در این آزمایش، متناسب با افزایش غلظت محلول مورد استفاده اسپرمیدین، درصد پروتئین دانه نیز افزایش یافت (شکل ۴-۱۲).

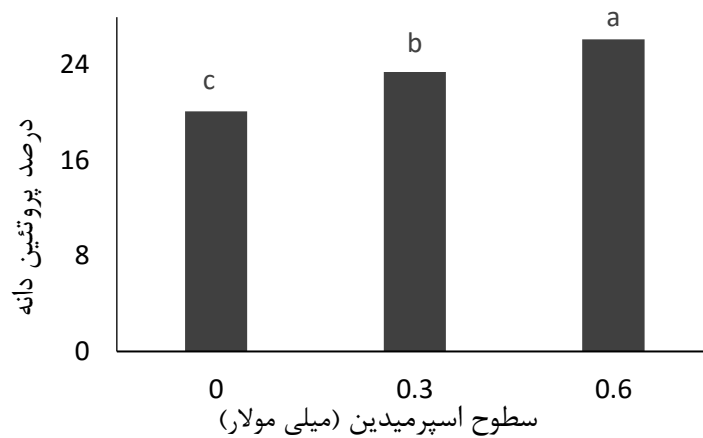
جدول ۴-۱۰- مقایسه میانگین درصد پروتئین دانه در سطوح مختلف اسپرمیدین و دور آبیاری مختلف

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
تکرار	۲	۱۰۸/۶۷ns
دور آبیاری (D)	۲	۴۵۳/۳۷ **
اشتباه ۱	۴	۵۹/۱۲
اسپرمیدین (SP)	۲	۲۳۹/۰۳ **
D × SP	۴	۴۰/۲۲ ns
اشتباه ۲	۱۲	۳۳/۶۱

* و ** به ترتیب بیانگر معنی داری در سطح ۵ و ۱ درصد و ns بیانگر عدم معنی داری می باشد.



شکل ۴-۱۰- مقایسه میانگین درصد پروتئین دانه در دور آبیاری مختلف.



شکل ۴-۱۱- مقایسه میانگین درصد پروتئین دانه در سطوح مختلف اسپرمیدین

۴-۱۱- آنزیم گایاکول پراکسیداز

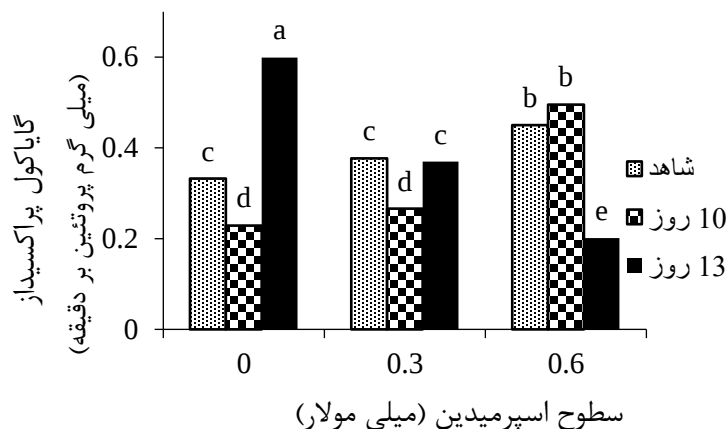
با توجه به جدول نتایج تجزیه واریانس، برخلاف اسپرمیدین، اثر تنش خشکی بر آنزیم گایاکول پراکسیداز معنی‌دار شد (جدول ۴-۱۱). برهمکنش آنها در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بدست آمد. در شرایط تنش

خشکی شدید، متناسب با افزایش غلظت اسپرمیدین به کار رفته، فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز کاهش نشان داد (شکل ۴-۱۳). در شرایط شاهد، اختلاف معنی داری بین سطوح صفر و ۰/۳ میلی مولار اسپرمیدین از لحاظ فعالیت این آنزیم وجود نداشت؛ برای تنش خشکی ملایم (دور آبیاری ۱۰ روز) نیز این حالت صادق بود. در کل، ۰/۶ میلی مولار باعث افزایش فعالیت این آنزیم در شرایط تنش خشکی ملایم و بدون وجود تنش خشکی گردید. گایاکول پراکسیداز آنزیمی موثر در تجزیه پراکسید هیدروژن می باشد که با کمک آسکورات زدودن پراکسید هیدروژن را انجام می دهد. آسکورات دهنده ی الکترون بوده و سبب کاهش پراکسید هیدروژن به آب می شود. بلوخینا و همکاران (۲۰۰۳) نیز گزارش نمودند که از آنجا که توازن بین گونه های فعال اکسیژن و پالاینده ها برای ادامه حیات ضروری می باشد گیاه در پاسخ به تنش اکسیداتیو ایجاد شده، میزان بیان ژن های آنتی اکسیدانی زیاد نموده و که بدنبال آنها فعالیت آنتی اکسیدانت های آنزیمی و غیر آنزیمی افزایش پیدا می کند.

جدول ۴-۱۱- نتایج تجزیه واریانس تاثیر دور آبیاری و اسپرمیدین بر فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
تکرار	۲	۰/۰۵۷۹۱۴ns
دور آبیاری (D)	۲	۰/۷۳۹۱۲۱ **
اشتباه ۱	۴	۰/۰۴۸۲۸۲
اسپرمیدین (SP)	۲	۰/۰۰۶۳۵۱ ns
D × SP	۴	۰/۹۹۶۳۳ **
اشتباه ۲	۱۲	۰/۰۱۸۲۵۲۲

* و ** به ترتیب بیانگر معنی داری در سطح ۵ و ۱ درصد و ns بیانگر عدم معنی داری می باشد.



شکل ۴-۱۲- مقایسه میزان فعالیت آنزیم گیاکول پراکسیداز برای ترکیبات تیماری سه دور آبیاری مختلف و سطوح اسپرمیدین.

۴-۱۲- آنزیم کاتالاز

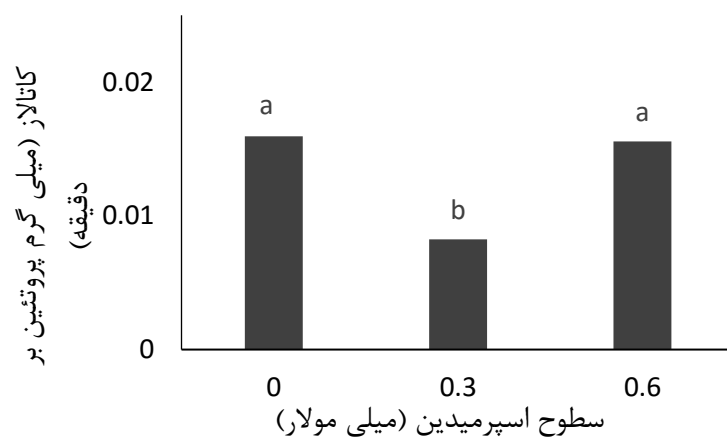
بر خلاف برهمکنش تنش خشکی و اسپرمیدین، اثرات اصلی تیمارها بر فعالیت آنزیم کاتالاز در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بدست آمد (جدول ۴-۱۲). بین سطوح صفر (شاهد) و ۰/۶ میلی مولار اسپرمیدین از لحاظ فعالیت این آنزیم اختلاف معنی‌داری وجود نداشت؛ این سطوح اسپرمیدین دارای بالاترین فعالیت این آنزیم بودند (شکل ۴-۱۴). برای سطح ۰/۶ میلی مولار اسپرمیدین، کمترین فعالیت این آنزیم حاصل شد. در دور آبیاری ۱۰ روز، میزان فعالیت آنزیم کاتالاز از لحاظ آماری مشابه فعالیت آن در شرایط شاهد (دور آبیاری ۷ روز) بود (شکل ۴-۱۵). ولی در شرایط تنش خشکی شدید (دور آبیاری ۱۳ روز)، فعالیت این آنزیم نسبت به شاهد حدود ۸۰ درصد بالاتر بود. کاتالاز از آنزیمهای مهم برای حذف پراکسید هیدروژن موجود در پروکسیزومها به شمار می‌رود. وجود پراکسید هیدروژن در گیاه از این نظر حائز اهمیت است که در غلظت‌های متوسط، به عنوان مولکول سیگنال عمل نموده و در سنتز پیش ماده‌های پروتئین دیواره

سلولی مشارکت دارد. ولی در غلظت‌های بالا برای گیاه سمی بوده و آسیب‌های اکسیداتیو را به دنبال دارد (نوکتور و همکاران، ۲۰۰۲).

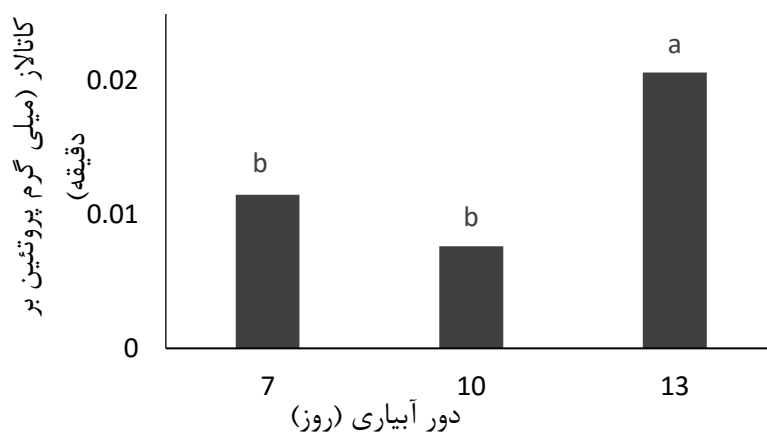
جدول ۴-۱۲- نتایج تجزیه واریانس تاثیر دور آبیاری و اسپرمیدین بر فعالیت آنزیم کاتالاز.

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات
تکرار	۲	۰/۰۰۵۶ns
دور آبیاری (D)	۲	۰/۰۵۰۱۳۸ **
اشتباه ۱	۴	۰/۰۰۴۸۲۸۲
اسپرمیدین (SP)	۲	۰/۰۱۶۹۶۳ **
D × SP	۴	۰/۰۰۱۹۳۷۸ ns
اشتباه ۲	۱۲	۰/۰۰۲۱۴۶

** و * بیان‌گر معنی‌داری در سطح ۱ درصد و ۵ درصد و ns بیان‌گر عدم معنی‌داری می باشد.



شکل ۴-۱۳- مقایسه میانگین فعالیت آنزیم کاتالاز در سطوح مختلف اسپرمیدین



شکل ۴-۱۴- مقایسه میانگین فعالیت آنزیم کاتالاز در دور آبیاری مختلف

نتیجه گیری کلی

نتایج پژوهش حاضر نشان داد که تنش خشکی سبب کاهش معنی دار اکثر صفات می گردد. این صفات شامل ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، تعداد دانه در بوته و تعداد غلاف در بوته بودند. تنش خشکی و اسپرمیدین در سطح احتمال یک درصد پروتئین دانه را تحت تأثیر قرار دادند، اما برهمکنش آنها معنی دار نشد. همچنین تنش ملایم، موجب کاهش درصد پروتئین دانه نسبت به شاهد شد اما تنش شدید افزایش آنرا به دنبال داشت. در شرایط عدم استفاده از اسپرمیدین، اختلاف معنی داری بین سطوح تنش خشکی از لحاظ کلروفیل برگ (عدد اسپد) وجود نداشت. ولی در سطوح دیگر اسپرمیدین، متناسب با افزایش شدت تنش خشکی، غلظت کلروفیل افزایش یافته است. اسپرمیدین نیز باعث افزایش صفات ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، عملکرد بیولوژیک، تعداد دانه در بوته، تعداد غلاف در بوته، وزن صد دانه، عملکرد دانه و درصد پروتئین دانه گردید. اسپرمیدین با غلظت های ۰/۳ و ۰/۶ میلی مولار تأثیر مثبتی داشت لازم به ذکر است که اثر متقابل فاکتورهای اصلی (تنش و اسپرمیدین) در عملکرد بیولوژیک، ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، عملکرد دانه و وزن صد دانه معنی دار گردید. برخلاف اسپرمیدین، اثر تنش خشکی بر آنزیم گایاکول پراکسیداز معنی دار، همچنین برهمکنش آنها در سطح احتمال یک درصد معنی دار بدست آمد. در شرایط تنش خشکی شدید، متناسب با افزایش غلظت اسپرمیدین به کار رفته، فعالیت آنزیم گایاکول پراکسیداز کاهش نشان داد. در کل، ۰/۶ میلی مولار باعث افزایش فعالیت این آنزیم در شرایط تنش خشکی ملایم و بدون وجود تنش خشکی گردید. بر خلاف برهمکنش تنش خشکی و اسپرمیدین، اثرات اصلی تیمارها بر فعالیت آنزیم کاتالاز در سطح احتمال ۱٪ معنی دار بدست آمد در دور آبیاری ۱۰ روز، میزان فعالیت آنزیم کاتالاز از لحاظ آماری مشابه فعالیت آن در شرایط شاهد (دور آبیاری ۷ روز) بود. ولی در شرایط تنش خشکی شدید (دور آبیاری ۱۳ روز)، فعالیت این آنزیم نسبت به شاهد حدود ۸۰ درصد بالاتر بود.

پیشنهادات

۱- بررسی اثر اسپرمیدین بر روی گیاهان دیگر از جمله گیاهان دارویی بویژه در شرایط تنش خشکی

۲- بررسی تأثیر متقابل احتمالی اسپرمیدین با مواد دیگر از جمله هیومیک اسید.

فهرست منابع

- آمار نامه کشاورزی سال زراعی، ۱۳۹۲. اداره کل آمار و اطلاعات وزارت کشاورزی.
- اهدایی، ب. (۱۳۷۲). "انتخاب برای مقاومت به خشکی در گندم"، مقالات کلیدی اولین کنگره زراعت و اصلاح نباتات ایران، انتشارات دانشکده کشاورزی تهران، کرج، ص ۳۶.
- اشرفی، م.، قاسمی پیربلوطی، ع.، رحیم ملک، م.، حامدی، ب. (۱۳۹۱). "اثر محلول پاشی اسید جاسمونیک بر درصد و ترکیبات اسانس". گروه گیاهان دارویی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد شهر کرد، گروه علوم گیاهی، کالج علوم طبیعی، دانشگاه ماساچوست، آمریکا، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، ۲۷ خرداد.
- اشرف طلیعی، ع. و ک. صیادیان. (۱۳۷۹). "تأثیر آبیاری تکمیلی، تعیین نیاز غذایی در زراعت دیم نخود". مجله علوم زراعی ایران، ۲، ص ۶۳-۷۰.
- ایزدی، زهرا تدین، (۱۳۹۲). "بررسی اثر اسپرمین بر گیاه کرچک (*Ricinus communis* L.) تحت تنش خشکی"، همایش ملی پدافند غیر عامل در بخش کشاورزی، جزیره قشم، شرکت تعاونی علم گستران ایرانیان، NCPDAI-2539.html.
- باقری، ع. نظامی، ا. و سلطانی، م. (۱۳۸۰). "اصلاح حبوبات سرما دوست".
- باقری، نظامی، گنجعلی، ع. و پارسا، م. (۱۳۷۶). "زراعت و اصلاح نخود. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد"، ص ۱۵۷.

باقری، ع. نظامی، ا. و سلطانی، م. (۱۳۸۰). "اصلاح حبوبات سرما دوست برای تحمل به تنش‌ها". انتشارات سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ص ۴۴۵.

بنایان اول، م. ف.، خانی‌نژاد، س.ف.، قربانی، ص. و حسام عارفی، ا (۱۳۹۰). "ارزیابی نوسان برخی مولفه‌های تولیدی گیاه در گیاهان دارویی"، پژوهش‌های زراعی ایران ۹: ۳۶۸-۳۷۸.

بنایان، م. و کوچکی، ع. (۱۳۸۶). "زراعت حبوبات". چاپ هشتم، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ص ۲۳۶.

بی نام. آمار نامه‌های مرکز آمار ایران (طی سال‌های مورد مطالعه).

پارسا، م. و باقری، ع. (۱۳۸۷). "حبوبات". انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۵۲۲ص.

جلیلیان، ج. مدرس ثانوی، ع. صباغ پور، س. (۱۳۸۴). "اثر تراکم بوته و آبیاری تکمیلی بر عملکرد و اجزای عملکرد و میزان پروتئین چهار رقم نخود در شرایط دیم". مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، ۱۲: ص ۹-۱.

جلیلیان، ع. خدابنده، ن. (۱۳۷۷). "بررسی اثرات تنش خشکی در مراحل رشد زایشی بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا"، چکیده مقالات پنجمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، کرج، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج.

حسینی، ع. و امیدبیگی، ر. (۱۳۸۱). "اثرات تنش آبی بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و متابولیکی گیاه ریحان"، دانش کشاورزی ۱۲: ۴۷-۵۹.

حسین زاده، س ر.، سلیمی، ا.، گنجلی، ع. (۱۳۹۲). "تأثیر کاربرد متانول بر برخی خصوصیات مرتبط باریشه نخود تحت تنش خشکی". فصل نامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی-دانشگاه آزاد اسلامی واحد اهواز-سال پنجم، شماره هفدهم، بهار ۹۲.

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.

زارعی، ب. یوسفی، ح. کاظمی اربط، الف. رحیم زاده خویی، ف. و مقدم، م. (۱۳۷۶). "بررسی ارقام نخود زراعی در دو سطح رطوبتی و تجزیه علیت صفات".

سلیمی، ح. (۱۳۸۹). پایان نامه کارشناسی ارشد، "بررسی اثرات پرایمینگ، باکتری ریزوبیوم و کود آلی بر عملکرد و اجزای عملکرد نخود". دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی شاهرود.

سرمدنیا، غ. ح. و کوچکی، ع. ر. (۱۳۸۶). "جنبه‌های فیزیولوژی زراعت دیم"، (ترجمه)، چاپ دوم، انتشارات جهاددانشگاهی مشهد، ص ۴۲۴.

سلطانی، ا. و فرجی، ا. (۱۳۸۶). "رابطه آب خاک و گیاه"، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ص ۲۴۶.

صباغ پور، ح. (۱۳۸۵). "شاخص ها و مکانیزم های مقاومت به تنش خشکی در گیاهان"، چاپ اول، کمیته ملی خشکی و خشکسالی معاونت زراعت وزارت جهاد کشاورزی، ص ۱۵۲.

صباغ پور، س. ح. (۱۳۸۳). "شاخص ها و مکانیسم های مقاومت به خشکی در گیاهان"، انتشارات وزارت جهاد کشاورزی. معاونت زراعت. کمیته ملی مدیریت خشکی و خشکسالی کشاورزی، تهران.

صالحی، م. کوچکی، ع. نصیری محلاتی، م. (۱۳۸۲). "میزان نیتروژن و کلروفیل برگ به عنوان شاخصی از تنش خشکی در گندم". مجله پژوهش‌های زراعی ایران. ج. ۱. ش. ۲. ص ۱۹۹-۲۰۵.

علیزاده، ا. (۱۳۸۳). "رابطه آب، خاک و گیاه"، دانشگاه امام رضا (ع)، ص ۴۷۰.

عبادی قهرمانی، ش. قلی پور، م. و غلامی، ا. (۱۳۹۱). اثر امواج آلتراسونیک و کود بیولوژیک نیتروکسین بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا چشم بلبلی. دومین همایش ملی توسعه پایدار کشاورزی و محیط زیست سالم. ص ۱۳-۱.

فرجی، ا. (۱۳۸۸). "مبانی کاربردی تاثیر تنش خشکی در کلزا"، نشر مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان، ص ۲۶.

قناتی، ف.، بختیاریان، س.، عبدالمالکی، پ. (۱۳۸۹). "تأثیر متیل جاسمونات بر متابولیت‌های ثانویه گیاه همیشه بهار". مجله علوم و فن آوری زیستی مدرس. دوره ۲۱: ۱ تا ۳۳.

کوچکی، ع. و بنایان اول، م. (۱۳۷۳). "فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی"، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ص ۲۸۷.

کوچکی، ع. و سرمندیا، غ. (۱۳۷۷). "فیزیولوژی گیاهان زراعی". ترجمه، چاپ هفتم انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۴۰۰ صفحه.

کوچکی، ع. (۱۳۶۴). "زراعت در مناطق خشک". انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

کریمی فرد، ش.، قلی پور، م.، غلامی، ا. و آریانی محمدی، ح. (۱۳۹۲). "بررسی تاثیر قارچ میکوریزا و امواج فراصوت بر برخی صفات کمی و کیفی گیاه دارویی سیاه دانه". اولین همایش ملی گیاهان دارویی و کشاورزی پایدار. دانشکده شهید مفتاح همدان، ۱۸ مهر. ۱-۱۱.

کاظمی، ح.ا. (۱۳۸۷). "اصول دیمکاری"، چاپ دوم، دانشگاه تبریز، ص ۵۰۷.

گنجعلی، ع. و نظامی، ا. (۱۳۸۷). "اکوفیزیولوژی و محدود کننده‌های عملکرد حبوبات"، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد.

مجنون حسینی، ن. (۱۳۸۷). "زراعت و تولید حبوبات". چاپ چهارم، سازمان انتشارات جهاد دانشگاهی شعبه واحد تهران، ۲۸۳ ص.

ملازم الحسینی، ح. (۱۳۹۳). "برهمکنش امواج آلتراسونیک و تنش خشکی بر روی گیاه نخود (Cicer arietinum L)". پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود.

محروقیان، س. (۱۳۹۵) (۱۳۹۵). "تأثیر امواج آلتراسونیک بر رشد و عملکرد لوبیا چشم بلبلی (Vigna sinensis) در شرایط تنش خشکی". پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود.

مهرپویا، م. (۱۳۹۲). بررسی تأثیر همزیستی قارچ میکوریزا و باکتری مزوریزوبیوم بر رشد و عملکرد لوبیا چشم بلبلی در شرایط تنش کم آبیاری. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود.

وفابخش، ح. نصیری محلاتی، م. و کوچکی، ع. (۱۳۸۷). "اثر تنش خشکی بر عملکرد و کارایی مصرف نور در ارقام کلزا. مجله پژوهش‌های زراعی ایران"، ۶ (۱)، ص ۱۹۳-۲۰۴.

یوسفی، ب. کاظم‌یاری، ح. رحیم‌زاده خویی، ف. و مقدم، م. (۱۳۷۶). "تجزیه و بررسی ژنتیکی ارقام نخود زراعی تحت دو سطح رطوبت". مجله علوم کشاورزی ایران. ۲۸ (۴)، ص ۱۴۷-۱۶۱.

- Altinkut, A.K.K., Ipekci, Z. and Gozukirmizi, N. (2001).** *"Tolerance to paraquat is correlated with the traits associated with water stress tolerance in segregating F2 populations of barley and wheat"*. *Euphytica*, 121, 81-86.
- Antolin, M. and J. Yoller (1995).** *"Effect of temporary drought on nitrate-fed and nitrogen-fixing alfa alfa plants"*. *Plant Science* 107:159-165.
- Arnon DI(1975).** *"Physiological Principles of Dry land Crop Production"*. In, *Physiological aspects of dry land farming*. Gupta U.S. [Eds.], Oxford Press.
- Arnon D.T. (1949).** *"Copper enzymes in isolation chloroplast phenoloxidase in Beta vulgaris"*. *Plant Physiology*, 24: 1-15.
- Aebi, H. 1984.** *"Catalase in Vitro. Methods in Enzymology"*. 105:121-126.
- Ashraf, M., and Foolad, M.R. (2007).** *"Roles of glycine betaine and praline in improving plant abiotic Stress reistance"*. *Environ. Exp. Bot.* 59:206-216.
- Amarasinghe, V., Carlson, J.E. (1994).** *"Sub cellular localization of polyamines in embryonic callus of white spruce (Picea glaucea) "*. *Can J Bot.*72:788-793.
- Bullock, D. G., Niesen, R. L., and Nyquist, W. E. (1988).** *"A Growth analysis comparision of corn growth conventional and equidistant plant spaciny"*. *Crop Sci.* 24:1187-1191.
- Blokhina, O., Virolainen, E., and Fagerstedt, K.V. (2003).** *"Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress"*. *Ann. Bot.* 91: 179-194.
- Baldeo, b. (1988).** *"Cropping patterns of pulses"*. In: H.KJain, b.baddev and S.Ramanujam. *Pulse Crops*. Oxford pub Co.NewDehli, Hndia.pp:513-561.
- Boyer, J. S. (1992).** *"Mechanisms for obtaining water use efficiency and drought resistance"*. In: *Plant Breeding in the 1990s*.pp.181-200, Stalker, H. T. and J. P. Murphy, Eds., CAB International, U.K.
- Basra, A.S. and Basra, R.K., (1997).** *"Mechanism of environmental stress resistance in plants"*. Harward Academic Publishers, 407 p.
- Bartoli, C.G., Simontacchi, M., Tambussi, E., and Beltrano, J. (1999).** *"Drought and watering-dependent oxidative stress: effect on antioxidant content in Triticum aestivum L"*. leaves. *Journal of Experimental Botany* 50: 375-383.
- Bradford, M. (1976).** *"A rappid and sensitive method for the quantitation of protein utilizing theprinciple of protein-dye binding"*. *Annu, Rev. Biochem.* 72:248-254.

- Baker, R.J. (1994).** *"Breeding methods and selection indices for improved tolerance to biotic and abiotic stresses in cool season food legumes"*. Euphytica. 73:67-72.
- Benson, A.A., and Nonomura, A.M. (1994).** *"The path of carbon in photosynthesis: methanol inhibition of glycolic acid accumulation"*. Photosynth. Res, 34: 196.
- Bohnert, H.J., Nelson, D.E., and Jensen, R.G. (1995).** *"Adaptation to environmental stresses"*. Plant Cell. 7:1099-1111.
- Bouchereau, A., Aziz, A., Larher, F., Martin-Tanguy, J. (1999).** *"Polyamines and environmental challenges: recent development"*. Plant Sci.140:103-125.
- Bahukhandi, D. (1995).** *"K⁺ Osmoregulation and Drought-an overview"*. Proceeding of the Indian National Science Academy, part. B, Biological Science 61(1):51-56.
- Charlies, S. 1997.** *"Localization of Hydrogen Peroxide Accumulation during the hypersensitive syndrome in Phaseolus mungo the plant cell"*. American Society of Plant Physiologists. 9:209-221.
- Dahiya, S., Singh, M., and Singh, R.B. (1993).** *"Economic and water use efficiency of chickpea as effected by genotypes, irrigation and fertilizer application"*. Crop Research. Hissar. 6: 532-534.
- Desclaux, D., Huynh, T.T., and Roumet, P. 2000.** *"Identification of soybean plant characteristics that indicate the timing of drought stress"*. Crop Sci. 40:716-722.
- Evans, B., and Wailes, J. G. (1993).** *"Variation in water use efficiency and its component in wheat"*. Crop Sci. 33:294-299.
- Earl, H. J., and Davis, R. F.(2003).** *"Effect of drought Stress on Leaf ND whole Canopy radiation use efficiency and yield of Maize"*. Agron. J.95:688-696.
- FAO. (2011).** *" The global pulse markets: recent trends and out look"*.
- FAO. (2012).** *"Production year Book. Food and Agriculture organization of the United Nations (FAO) "*, Rome Italy, <http://taostat.fao.org/site/567/Desktop> Top Default. Aspx.
- Ford, S.C.M.(1972).** *" Effect of Dry Season on Uptake of Radioactive Phosphorus by Surface Root of the Sugar Beet"*. J.64:622-623.
- Gout, E., Aubert, S., Bligny, R., Rebeille, F., Nonomura, A.R., Benson, A. and Douce, R. (2000).** *"Metabolism of methanol in plant cells. Carbon-13 nuclear magnetic resonance studies"*. Plant Physiol, 123: 287-296.

Gupta, S.N., Dahiya, B.S., Malik, B.P .S., and Bishnoi, N. R.(1995). " Response of chickpea to water dificits and drought Stress". Haryana Agriculture university jornal of Research. 25(1/2):11-19.

Galston, A. W., Kaur-Sawhney, R., Altabella, T. & Tiburcio, F. (1995). " Plant polyamines in

reproductive activity and response to abiotic stress". Botonical Acta, 110, 197–207.

Groppa, M. D. and Benavides, M. P. (2008). " Polyamines and abiotic stress: recent advances". Amino Acids 34: 35-45.

Holland, M.A. (1997). "Occams razor applied to hormonology. Are cytokinins produced by plants? " Plant Physiol, 115: 865-868.

Hein, M.B. Brenner, M.L. and Brun, W.A (1986). "Accumulation of ¹⁴C-radiolabel in leaves and fruits after injection of ¹⁴C tryptophan into seed of soybean". Plant Physiology 82: 454–456.

Hsiao, T. C., OToole, J. C., Yambao, E. B., and Turner, N. C. (1984). "Influence of osmatci adjustment on leaf rilling and tissue death in rice (*Oryza sativa* L.)".Plant Physiol. 75:338-341.

Janda, T., Szalai, G., Tari, I., and Paldi, E. (2001). " Hydroponic treatment with salicylic acid decreases the effects of chilling injury in maize (*Zea mays* L.) plants". Planta 208: 175-180.

Krishnamurthy, L., Kashiwagi, J. and Upadhyaya, H.D. (2003). "Genetic diversity of drought avoidance root traits in the mini- core germplasm collection of chickpea". International Chickpea and Pigeon pea Newsletters 10: 21-24.

Kaya, C. Tuna A. L. and Yokas, I. (2009). " The Role of Plant Hormones in Plants under Salinity Stress". Book Salinity and Water Stress 44: 45-50.

Kim, H.J., Chen, F., Wang, X. and Rajapakse, N. C.(2005). "Effect of chitosan on the biological properties of sweet basil (*Ocimum basilicum* L) ". Journal of Agricucture and Food Chemistry., 53: 3696-3701.

Kang, C.,Wang, Ch. (2003). "Salicylic acid changes activities of H₂O₂ metabolizing enzymes and increases the chilling tolerance of banana seedlings". Journal of Environment and Experimental Botany. 9-15.

Khanna-Chopra, R., and Sinha, S.K.(1988). *"What limits the yield of pulses? Plant process or plant type"*. Pp:68-278.

Khanna-Chopra, R., and Moinuddin., Vasudev, S., Maheswari, M., Srivastava, A., and Kramer, P.J. (1983). W. Larson, K. L., and Eastin, J.D. (Eds). (1971). *"Drought injury and resistance in Crops"*. CSSA Special Publication NO. 2 Crop Science Society of America, Madison, Wisconsin.

Kramer, P.J. (1959). *"Transpiration and the water economy of plants"*. In: pl. physiol. Vol. II. Steward, F.G. (ed). Academic press, New York. Pp:607-726.

Kasukabe, Y., He, L., Nada, K., Misawa, S., Ihara, I., Tachibana, S.(2004). *"Over expression of spermidine synthase enhances tolerance to multiple environmental stresses and up-regulates the expression of various stress-regulated genes in transgenic Arabidopsis thaliana"*. Plant Cell Physiology. 4(5): 73-84.

Krishnamorthy, R. (1989). *"Polyamines as modulators of salt tolerance in rice cultivars"*. Plant Physiology 91: 500-504.

Larson, K. L., and Eastin, J. D. (Eds). (1971). *"Drought injury and resistance in Crops"*. CSSA Special publication NO. 2 Crop Science Society of America, Madison, Wisconsin.

Liu, J.H., Nada, k., Hond, C., Kitashiba, H., Wen, X.P., Pang, X.M., Moriguchi, T. (2006). *"Polyamine biosynthesis of apple callus under salt stress: importance of arginine decarboxylase pathway respons"*. J. Exp Bot.57:2589-2599.

Liu, J.H., Kitashiba, H., Wang, J., Ban, Y., Moriguchi, T. (2007). *"Polyamines and their ability to provide environmental stress tolerance to plants"*. Plant Biotech. 24:117-126.

Lutts.M. (2006). *"Exogenous putrescine reduces sodium and chloride accumulation in NaCl treated calls of the salt-sensitive rice cultivar I Kong Pao"*. Plant Growth Regul. 48:51-63.

Mohammadkhani, N. and R. Heidari, (2007). *"Effects of water stress on respiration, photosynthetic pigments and water content in two maize cultivars"*. Pakistan Journal of Biological Sciences 10: 4022–4028.

Muehlbauer, F. ,J., and Tullu, A.(1997). *"New Crop fact Sheet: Chickpea (Cicer arietinum L.) "*

, New York Times 18 November. Available at: [http://hort.purdue.edu/NewCrop/Crops/Crop fact Sheets/Chick pea.html](http://hort.purdue.edu/NewCrop/Crops/Crop%20fact%20Sheets/Chickpea.html).

- Mayak, S., Meir, S., Ben Sade, H., Nell, TA. and Clark, DG., (2001).** *"The effect of transient water stress on sugar metabolism and development of cut flowers"*. Acta Horticulture, 543: 191-194.
- Muraro, D., Byrne, H., King, J., VoB, U., Kiber, J. and Bennett, M. (2011).** *" The influence of cytokinin–auxin cross-regulation on cell-fate determination in Arabidopsis thaliana root development"*. Journal of Theoretical Biology 283:152–167.
- Martin, D., Tholl, D., Gershenzon, J., Bohlmann, J. (2002).** *"Methyl jasmonate induces traumatic resin ducts, terpenoid resin biosynthesis, and terpenoid accumulation in developing xylem of Norway spruce stems"*. Plant Physiology., 129: 1003-1018.
- Morgane, J.M., B. Rodriguez-Maribona, and E.J.Knights. (1991).** *"Adaptation to water-deficit in chickpea breeding lines by osmoregulation: relationship to grain yields in the field"*. Field crops Research. 27:61-70.
- Morgane, J.M. (1984).** *"Osmoregulation and water stresses in higher plants"*. Annual Rev. plant physiol. 35:299-319.
- Nielsen, D.C. (2001).** *"Production function for chickpea, field pea, and lentil in the central great plants. Agronomy Journal"*. 93:563-569.
- Nordstrom, A. Tarkowski, P. Tarkowska, D. Norbaek, R. Astot, C. Dolezal, K. Sandberg, G. (2004).** *"Auxin regulation of cytokinin biosynthesis in Arabidopsis thaliana: factor of potential importance for auxin – cytokinin regulated development"*. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 101: 8039–8044.
- Noctor, G., Veljovic-Jovanovic, S.D., Driscoll, S., Novitskaya, L., Foyer, C.H., (2002).** *"Drought and oxidative load in wheat leaves. A predominant role for photorespiration? "*. Annals of Botany. 89: 841–850.
- Popova, L., Pancheva, T., and Uzunova, A.(1997).** *"Salicylic acid: properties, biosynthesis and physiological role"*. Journal of Review Plant Physiology. 85-93.
- Popova, L., Pancheva, T., and Uzunova, A. (1997).** *"Salicylic acid: properties , biosynthesis and physiological role"*. Journal of Review Plant Physiology. 85-93.
- Poorter, H., and Garnier, E. (1996).** *"Plant growth analysis: an evaluation of experimental design and computational methods"*. J. Exp. Bot. 47:1343-1351.

Padilla-Ramirez, K. S., Acosta-Gallegos, K. A., Acosta- Diaz, E., Mayek-Perez, N., and Kelly, J. D. (2005). "*Partitioning and partitioning rate to seed yield in drought stressed and non stressed dry bean genotypes*". Bean Improvement Cooperative. New York, 48: 153-153.

Reddy, A. R., K.V. Chaitany and M. Vivekanandan. (2004). "*Droug- induced responses of photosynt Hesis and antioxidant metabolism in higher plants Journal Plant Physiology*". 161: 1189 -1202.

Rosales- SERNA, kohashi- Shibata, R. J., Acosta- Gallegos, J.A.Trejo- Lopez, C., Ortiz- Cereceres, J., and Kelly, J. D.(2004). "*Biomass distribution, maturity acceleration and yield in drought- Stressed Common bean cultivars*". Field Crop Res.

Rowe, R.N., Farr, D.J., and Richards, B.A.J. (1994). "*Effects of foliar and root applications of methanol or ethanol on the growth of tomato plants (Lycopersicon esculentum Mill)*". " New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 22: 335-337.

Roussos, P.A., Pontikis, C.A. (2003). "*Long term effects of sodium chloride salinity on growing in vitro, proline and phenolic compound content of Jojoba explants*". Europ. j. Hort.Sci 68(1):38-44.

Summerfield, R.J., Minchin, F.R., Roberts, E.H., and Hadley, P. 1980. "*The effects of photoperiod and air temperature on growth and yield of chickpea (Cicer arietinum L.)*". In: Proc. Int. workshop, Chickpea Improovement, 28 February 2 March 1979, ICRISAT, Patancheru, India, pp.121-149.

Singh, N.B., Dube, P. S., and Singh A. K. (1988). "*Genetic Variability in root Characteristics in Chickpea*". International Checkpea News leller. 18: 35-37.

Singh, R. (1992). "*Effect of Water stress and harding on metabolic changes in chickpea (Cicer erietinum L.)*" .India Jornal of Plant Physiology 35(3):252-257.

Saxena, N.P.C (1987). "*Screening for adaption to drough: Case Studies With Chickpea and Pigeonpea. in A daptation of Chickpea and Pigeonpea toabiotic*".

Saxena, M.C. and Yadav D.S. (1976). "*Some agronomic Consideration of Pigeon Peas and Ckickpea*". In:Proeedings of the International Workshop on Grain Legumes, Hyderabad, India. Pp:31-62.

- Saxena, N.P.(2003).** *"Management of Agriculture Drought Agronomic and Genetic options"*. Science PublishersInc,NH,USA.
- Sairam, R.K., and Srivastava, G.C. (2000).** *" Changes in antioxidant activity in sub-cellular fractions of tolerant and susceptible wheat genotypes in response to long term salt stress"*. Plant Science 162: 897-904.
- Siddique, A., Hamide, A., and Islam, M.S.(2000).** *"Drought stress effects on water relations of wheat . Bot"*. Bull. Acad. Sin. 41:35-39.
- Sircelj, H., Tausz, M.,Grill, D. and Batic, F., (2005).** *"Biochemical responses in leaves of two apple tree cultivars subjected to progressing drought"*. Journal of Plant Physiology, 162(12): 1308-1318.
- Satvir, K. Anil, G. K. and Narinder, K. (2000).** *"Effect of GA₃, kinetin and indole acetic acid on carbohydrate metabolism in chickpea seedlings germinating under water stress"*. Plant Growth Regulation 30: 61–70.
- Senaranta, T., Teuchell, D., Bumm, E., and Dixon, K. (2002).** *"Acetyl salicylic acid (asprin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants"*. Plant Growth Regulation 30: 157-161.
- Santos C, Pereira A, Pereira S, Teixeira J (2004).** *"Regulation of glutamine synthetase expression in sunflower cells exposed to salt and osmotic stress"*. Scientia Horticulturae 103: 101-111.
- Sbaghpour, S.H.,Safikhani, M., Sarker, A., Gaffri, A. and ketata, H. (2004).** *"Present status and future prospects of lentil Cultivation in Iran"*. In proceeding of 5th European Conference on Grain Legume. 11 June 2004. Parise. France.
- Santos, M.G., Ribriro, R.V., Oliverira, R,F., Maehado, E,C., and pimetel, C. (2006).** *"The role of inorganice phosphate on photosynthesis reeover of common bean after a mild water defieit"*. Plant Sei. 170:659-664.
- Stone, L. R., Goodrum, D. E., Jaafar, M. N., and Khan, A. H. 2002.** *"Rooting Front and water depletion depths in grain sorghum and sunflower"*. Agronomy Journal 93:1105-1110.
- Shaddad, M. A. K. Hamdia, Abd El-Samad, M. and Mohammed, H. T. (2011).** *"Interactive effects of drought stress and phytohormones or polyamines on growth and yield*

of two m (*Zea maize L*) ". genotypes. American Journal of Plant Sciences 2: 790-807. Rao, R.C., S.

Subarao, G. V., Johanson, C., Slinkard, A.E., Nageswara rao, R.C., Summerfield, R.J., Minchin, F.R., Roberts, E.H., and Hadley, p. (1995). *"The effects of photoperiod and air temperature on growth and yield of chickpea (*Cicer arietinum L*) "*. In: Proc. Int. workshop, Chickpea Improvement, 28 February 2 March 1979, ICRISAT, Patancheru, India, pp:121-149.

Sharafzadeh, Sh., Bazrafshan, F., Bayatpoor, N. (2012). *"Effect of Naphthaleneacetic acid and Spermidine on Essential Oil Constituents of German Chamomile"*. International Journal of Agriculture and Crop Sciences. IJACS/2012/4-23/1803-1806.

Tesfaye, K., Walker, S., and Tsubo, M. (2006). *"Radiation interception and radiation use efficiency of three grain legumes under water deficit conditions in a semi-arid environment"*. European Journal of Agronomy 25: 60-70.

Towne, G. and Owensby, C. (1983). *"Cytokinins effect on protein and chlorophyll content of big bluestem leaves"*. Journal of Range Management 36: 75–77.

Thomas, H. (1997). *"Drought resistance in Plants"*. In: Basra, S. A and Basra, R. K. (Eds), Mechanisms of environmental stress resistance in Plants. IPH Publishers, New Delhi, India. pp. 1-42.

Toker, C., and Canci, H. (2006). *"Selection for drought and heat resistance in chickpea under terminal drought conditions"*. 4th International Food Legumes Research Conference: Food Legumes for Nutritional Security and Sustainable Agriculture. 18–22 October 2005. New Delhi, India, (in press).

Turner, N. C. (1986). *"Drought resistance and adaptation to water deficits in crop plants"*. In: Stress Physiology in Crop Plants. pp. 343-372, mussel, H. and Staples, R. C. (Eds). Wiley Interscience, New York.

Turner, N.C. (1979). *"Crop water dificits: Adecade of progress."*Advances in Agronomy 39:1-51.

Ullah, A., Bakht, J. shafi, M. and Islam, W.A. (2002). *"Effect of varrious irrig ations levels on different chickpea varieties"*. Asian Journal of plant Science.4:355-357.

- Vyshkayy, M., Noormohammadi, Gh., Majidi, A., and Rabii, B. (2008).** *"Effect of methanol on the growth function peanuts"*. Special Issue Journal of Agricultural Sciences, 1: 102-87. (In Persian with English Summary).
- Wi, S.J., Kim, W.T., Park. K.Y. (2006).** *"Over expression of carnation s-adenosylmethionine decarboxylase gene generates a broad-spectrum tolerance to a biotic stresses in transgenic Tobacco plants"*. Plant Cell Rep. 25: 111-121.
- Walling, I., Vark, W.V., Houba, V.J.G. and Vanderlee, JJ. (1989).** *"Soil and plant and Analysis, a series of syllabi. Plant 7. Plant Analysis procedures, wageningen Agriculture university, the Netherland"*.
- Wery. J. (1990).** *"Adaption to frost and drought stress in chickpea and implotion in plant breeding"*. In saxena, M.C., Cubero, J.I. and Wery, J. (Eds) present Stams and Future Prospect of Chickpea crop Production and Improvement in the Mediterran Countries. Options Mediterraneennes. Serie A: Seminaires M editerraneens:No, 9. Zaragoza,Spain: CIHEAM.
- Xu, Y.C., Zhang, J.B., Jiang, Q.A., Zhou, L.Y. and Miao, H.B., (2006).** *"Effects of water stress on the growth of Lonicera japonica and quality of honeysuckle"*. Zhong Yao Cai., 29(5): 420-423.
- Yadav, R.S., Bhushan, C., (2001).** *" Effect of moisture stress on growth and yield in rice genotypes"*. Indian Journal Agricultural Research. 2, 104-107.
- Yadav, V.K., Yadav, N., Singh, R.D. (1996).** *"Metabolic changes and their impact on yield in chichpea under water stress"*. Plant Physiology and Biochemistry 23(1):49-52.
- Zbiec, I., Karczmarczyk, S. and Podsiadlo, C. (2003).** *"Response of some cultivated plants to methanol as compared to supplemental irrigation"*. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities, 6(1):1-7.
- Zazimalova, E. Kaminek, M. Brezinova, A. Motyka, V. (1999).** *"Control of cytokinin biosynthesis and metabolism"*. Biochemistry and Molecular Biology of Plant Hormones 33: 141-160.
- Zhu, J K. (2002).** *"Salt and water stress signal transduction in plant"*. Annual Review of Plant Physiology and Plant molecular BIOLOGY. 53:247-273.

Abstract

This research was carried out to investigate the effect of spermidine and drought stress (irrigation interval) on chickpea growth and yield in a research farm of Shahrood University of Technology in 2016 as split plot based on randomized complete block design with three replications, in which drought stress (irrigation interval) was distributed in the main plots and subplots were allocated to spermidine. Drought stress levels (irrigation) included control (7-day irrigation interval; D0), mild stress (10-day irrigation interval; D1) and severe stress (13-day irrigation interval; D2), and spermidine levels including control (ordinary water spray on plant; SP0), 0.3 mM (SP1) and 0.6 milimolar spraying. No plant tension was induced Until plant establishment, no stress was imposed on plant. Spraying was carried out at (a), four-leaf, (b) flowering, and (c) seed milky stages. Some of the traits studied included yield and yield components, biological yield, pod number per plant, leaf chlorophyll and activity of antioxidant enzymes guaiacol peroxidase and catalase. The results showed that drought stress (increasing irrigation intervals) reduced the grain yield and other traits, while the 13-day irrigation interval increased the percentage of protein. Spermidine could reduce the negative effect of drought stress on many traits including grain yield. It should be noted that the interactive effect of stress (irrigation interval) and spermidine was significant on most of traits like biological yield, grain yield, 100-grain weight and leaf chlorophyll.

Key words: Biological yield, leaf chlorophyll, grain yield, grain protein, catalase



Faculty of Agriculture

M.Sc. Thesis in Agroecology

Effect of spermidine on chickpea growth and
yield under drought stress conditions

By: Vahid Sharifi

Supervisor:

Dr. Manoochehr Gholipor

Advisor:

Dr. Hamid Abasdokht

January 2018