بسم الله الرحمن الرحيم

دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده کشاورزی

عنوان پایان نامه ارشد

اثر تنش کم‌آبیاری و محلول پاشی با متانول و اسیدسالیسیلیک بر خصوصیات کمی و کیفی کنجد

دانشجو

زهره انصار

اساتید راهنما:

دکتر مهدی برادران فیروزآبادی

دکتر بهنام کامکار

اساتید مشاور:

دکتر منوچهر قلی‌پور

دکتر عزت الله اسفندیاری

پایان نامه جهت اخذ درجه کارشناسی ارشد

تیر ۱۳۹۱

الهی ...

مرا مدد کن تا دانش اندک من

نه نردبانی باشد برای فزونی تکبر و غرور

نه حلقه‌ای برای اسارت

و نه دست مایه‌ای برای تجارت

بلکه گامی باشد برای تجلیل از تو و متعالی ساختن خود و دیگران

آمین

اگر حاصل کار معرفتی باشد قابل تقدیم

تقدیم می‌کنم به ستارگان آسمان زندگی‌ام

تکیه‌گاه استوار

پدرم

اسطوره گذشت و عشق

مادرم

همراه صبور

همسرم

یاران با محبت

خواهر و برادرانم

در برابر وجود گرامی‌شان زانوی ادب بر زمین می‌نهم و با قلبی مملو از عشق و محبت بر دستان پر مهرشان بوسه می‌زنم.

سپاسگزاری

سپاس و ستایش پروردگار بی‌همتایی که ذات بی‌کرانش از علم و دانش است و چه با سخاوت از این خوان بی‌همتا بشر را موهبتی شگرف ارزانی داشت.

گذراندن مراحل اجرایی و تدوین این پایان‌نامه پس از الطاف و عنایات الهی مدیون راهنمایی و مساعدت و همفکری بزرگوارانی است که بی‌تردید بدون همراهی آنان پیمودن این مسیر با مشکلات فراوان همراه بود، لذا بر خود لازم می‌دانم مراتب سپاس و قدردانی صمیمانه خود را نثار کسانی نمایم که در مراحل مختلف این پژوهش مرا یاری نمودند.

از اساتید گرانقدر جناب آقای دکتر مهدی برادران فیروزآبادی و دکتر بهنام کامکار که در سمت استاد راهنما مرهون کمک‌های بی‌دریغ و راهنمایی‌های ارزشمندشان می‌باشم، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نمایم.

از اساتید مشاور جناب آقای دکتر منوچهر قلی‌پور و جناب آقای دکتر عزت‌الله اسفندیاری که در مراحل انجام و نگارش این تحقیق با دقت نظر مرا راهنمایی فرمودند، کمال تشکر را دارم.

از زحمات داوران ارجمند جناب آقای دکتر غلامی و دکتر مکاریان صمیمانه سپاسگذارم.

از همراهی و مساعدت نماینده تحصیلات تکمیلی دکتر اصغری تشکر و قدردانی می‌نمایم.

از همکلاسی‌های خوب و دوستان عزیزم نهایت تشکر و قدردانی را دارم. امید دارم که همیشه سربلند و شادکام باشند.

از دوست عزیزم سرکار خانم مائده کمالی که خواهرانه قدم به قدم در این پایان نامه همراه من بودند صمیمانه تشکر می‌نمایم .

از پدر، مادر، همسر، خواهر و برادرانم که با فراهم آوردن محیطی آرام و صمیمی پیمودن این راه را برایم آسان نمودند صمیمانه قدردانی می‌نمایم

زهره انصار

تیر ۹۱

تعهد نامه

اینجانب **زهره انصار** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته **زراعت** دانشکده **کشاورزی** دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه **اثر تنش کم آبیاری و محلول پاشی با متانول و اسید سالیسیلیک بر برخی خصوصیات کمی و کیفی کنجد** تحت راهنمائی **جناب آقای دکتر مهدی برادران فیروزآبادی** متعهد می شوم .

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

تاریخ

امضای دانشجو

مالکیت نتایج و حق نشر

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

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

چکیده

امروزه کاربرد مواد تنظیم کننده رشد گیاهان به منظور کاهش اثرات منفی ناشی از تنش‌های مختلف مطرح شده است. اسید سالسیلیک و متانول به عنوان یکی از این مواد موجب مقاومت گیاه به تنش‌ها می‌شوند. جهت بررسی این موضوع در گیاه کنجد آزمایشی در سال ۱۳۸۹ به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شد. فاکتور اصلی شامل ۲ سطح آبیاری (۱۵ روز و ۲۵ روز) و فاکتورهای فرعی شامل ۳ سطح محلول‌پاشی متانول در غلظت‌های صفر، ۱۵ و ۲۵ درصد حجمی و اسید سالیسیلیک در غلظت‌های صفر، ۰/۴ و ۰/۸ میلی‌مولار بودند. نتایج نشان داد که اثر محلول‌پاشی متانول و اسید سالیسیلیک بر سطح برگ معنی‌دار بود و با افزایش در غلظت تیمارها، سطح برگ افزایش یافت. ترکیب تیماری متانول ۲۵ درصد حجمی و اسید سالیسیلیک ۰/۸ میلی‌مولار سبب افزایش ارتفاع بوته و تعداد شاخه فرعی گردید. ولی در مورد ارتفاع تا اولین گره میوه‌دهنده فقط اثرات اصلی متانول و اسید سالیسیلیک معنی‌دار بودند. به‌طوری‌که با افزایش در غلظت متانول و اسید سالیسیلیک ارتفاع تا اولین گره میوه‌دهنده کاهش یافت. وزن خشک ساقه و میوه تحت تأثیر تنش، اسید سالیسیلیک و متانول قرار گرفت. با افزایش در غلظت متانول وزن خشک برگ افزایش یافت. ترکیب تیماری متانول و اسید سالسیلیک بر عملکرد و تعداد کپسول در بوته اثر معنی‌داری داشت و در بوته‌هایی که با متانول ۲۵ درصد حجمی و اسید سالسیلیک ۰/۸ میلی‌مولار محلول‌پاشی شدند، بیشترین عملکرد و تعداد کپسول در بوته به‌دست آمد. ترکیب تیماری متانول ۲۵ درصد حجمی و اسید سالسیلیک ۰/۸ میلی‌مولار سبب افزایش درصد روغن، عملکرد روغن و عملکرد پروتئین دانه گردید.

کلمات کلیدی: کنجد، اسید سالسیلیک، متانول ، تنش کم آبیاری

لیست مقالات مستخرج از پایان‌نامه

۱- بررسی اثر تنش خشکی بر عملکرد و اجزای عملکرد در ۲ رقم ناز تک شاخه و چند شاخه، همایش ملی تغییر اقلیم و تأثیر آن بر محیط و کشاورزی، دوم مرداد ۱۳۹۰.

۲- اثر محلول پاشی متانول و اسید سالیسیلیک بر کنجد در شرایط تنش کم آبی، دومین همایش ملی فیزیولوژی گیاهی ایران، ۸الی ۹ اردیبهشت ۱۳۹۰.

فهرست مطالب

عنوان	صفحه
فصل اول: مقدمه	۱
فصل دوم: بررسی منابع	۶
۲-۱- کنجد	۷
۲-۱-۱- تاریخچه	۷
۲-۱-۲- اهمیت	۸
۲-۱-۳- گیاه شناسی	۹
۲-۱-۴- سازگاری	۱۰
۲-۱-۵- مراحل نمو	۱۱
۲-۱-۶- ارقام	۱۲
۲-۱-۷- آبیاری	۱۳
۲-۱-۸- محصولات	۱۴
۲-۲- اهمیت آب در گیاه	۱۵
۲-۳- تنش کم‌آبی	۱۶
۲-۴- تغییرات آنزیمی طی تنش	۱۸
۲-۵- اثرات تنش کم‌آبی بر گیاهان زراعی	۲۰
۲-۵-۱-سطح برگ و کلروفیل	۲۰
۲ -۵-۲-ریشه	۲۲
۲-۵-۳- ارتفاع	۲۳
۲-۵-۴- عملکرد	۲۳
۲-۵-۵- فتوسنتز	۲۵
۲-۵-۶- روغن دانه	۲۶
۲-۵-۷- پروتئین دانه	۲۷
۲-۶- متانول	۲۹
۲-۷- اثر متانول بر گیاهان زراعی	۲۹
۲-۷-۱- سطح برگ	۲۹
۲-۷-۲- ارتفاع	۳۰
۲-۷-۳- عملکرد	۳۰

۲-۷-۴- فتوسنتز و تنفس ۳۱
۲-۸- نقش متانول در مقاومت به تنش ۳۲
۲-۹- اسیدسالسیلیک ۳۵
۲-۱۰- اثر اسیدسالسیلیک بر گیاهان زراعی ۳۶
۲-۱۰-۱- سطح برگ ۳۶
۲-۱۰-۲- عملکرد ۳۷
۲-۱۰-۳- فتوسنتز ۳۷
۲-۱۱- نقش اسید سالسیلیک در مقاومت به تنش ۳۸

فصل سوم: مواد و روشها ۴۱
۳-۱- زمان و موقعیت محل اجرای آزمایش ۴۲
۳-۲- آماده سازی بستر ۴۳
۳-۳- مشخصات طرح آزمایشی ۴۳
۳-۴- کاشت بذر ۴۴
۳-۵- عملیات داشت ۴۴
۳-۵-۱- مبارزه با علف های هرز ۴۴
۳-۵-۲- آبیاری ۴۵
۳-۶- اعمال تیمارها ۴۵
۳-۷- برداشت ۴۵
۳-۸- نمونه برداری جهت صفات مرفولوریکی ۴۶
۳-۹- اندازه گیری صفات زراعی ۴۶
۳-۹-۱- وزن خشک برگ، ساقه، میوه ۴۶
۳-۹-۲- طول ساقه و ارتفاع تا اولین گره میوه دهنده ۴۶
۳-۹-۳- تعدادشاخه های میوه دهنده ۴۶
۳-۹-۴- اندازه گیری شاخص سطح برگ ۴۶
۳-۱۰- عملکرد و اجزای عملکرد ۴۷
۳-۱۱- اندازه گیری صفات کمی ۴۷
۳-۱۱-۱- سنجش درصد و عملکرد روغن دانه ۴۷
۳-۱۱-۲- سنجش درصد و عملکرد پروتئین دانه ۴۸
۳-۱۲- محاسبات آماری طرح ۵۰

فصل چهارم: نتایج و بحث ۵۱
۴-۱- صفات موفولوژیکی ۵۲
۴-۱-۱- سطح برگ ۵۲
۴-۱-۲- ارتفاع بوته ۵۸
۴-۱-۳- ارتفاع تا اولین گره میوه دهنده ۶۲
۴-۱-۴- تعداد شاخه‌های فرعی ۶۵
۴-۱-۵- وزن خشک ساقه، برگ و میوه ۶۸
۴-۱-۵-۱- وزن خشک برگ ۶۸
۴-۱-۵-۲- وزن خشک ساقه ۷۴
۴-۱-۵-۳- وزن خشک میوه ۸۰
۴-۲- عملکرد ۸۲
۴-۳- اجزای عملکرد ۸۷
۴-۳-۱- تعداد کپسول در بوته ۸۷
۴-۳-۲- تعداد دانه در کپسول ۸۹
۴-۳-۳- وزن هزار دانه ۹۲
۴-۴- صفات کیفی ۹۳
۴-۴-۱- درصد روغن دانه ۹۳
۴-۴-۲- عملکرد روغن ۹۷
۴-۴-۳- درصد پروتئین دانه ۱۰۰
۴-۴-۴- عملکرد پروتئین ۱۰۲
۴-۵- نتیجه گیری ۱۰۷
۴-۶- پیشنهادات ۱۰۸
منابع ۱۰۹
پیوست ۱۱۹

فهرست اشکال

عنوان	صفحه
شکل ۳-۱. نقشه کاشت طرح مورد استفاده	۴۳
شکل۴-۱- روند تغییرات شاخص سطح برگ در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش	۵۳
شکل۴-۲- روند تغییرات شاخص سطح برگ تحت تأثیر سطوح مختلف محلول‌پاشی با متانول	۵۴
شکل ۴-۳- روند تغییرات شاخص سطح برگ تحت تأثیر سطوح مختلف محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک	۵۵
شکل ۴-۴- تغییرات شاخص سطح برگ تحت تأثیر غلظت‌های مختلف متانول در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش	۵۶
شکل ۴-۵- تغییرات شاخص سطح برگ تحت تأثیر غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش	۵۷
شکل ۴-۶- تغییرات شاخص سطح برگ تحت تأثیر غلظت‌های مختلف متانول و اسید سالیسیلیک در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش	۵۸
شکل ۴-۷- تغییرات ارتفاع بوته تحت تأثیر غلظت‌های مختلف متانول در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش	۶۰
شکل ۴-۸- تغییرات ارتفاع بوته تحت تأثیر غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش	۶۱
شکل ۴-۹- تغییرات ارتفاع بوته تحت تأثیر غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک و متانول در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش	۶۲
شکل ۴-۱۰- تغییرات ارتفاع اولین میوه‌ی گره دهنده تحت تأثیر غلظت‌های مختلف متانول در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش	۶۴
شکل ۴-۱۱- تغییرات ارتفاع اولین میوه‌ی گره دهنده تحت تأثیر غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش	۶۵
شکل ۴-۱۲- تغییرات تعداد شاخه فرعی در بوته تحت تأثیر غلظت‌های مختلف متانول در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش	۶۶
شکل ۴-۱۳- تغییرات تعداد شاخه فرعی در بوته تحت تأثیر غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک و متانول در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش	۶۷
شکل ۴-۱۴- روند تغییرات وزن خشک برگ در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش در زمان	۶۹
شکل ۴-۱۵- روند تغییرات وزن خشک برگ تحت تأثیر غلظت‌های مختلف متانول در زمان	۷۰
شکل ۴-۱۶- روند تغییرات وزن خشک برگ تحت تأثیر غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک در زمان	۷۱
شکل ۴-۱۷- تغییرات وزن خشک برگ تحت تأثیر غلظت‌های مختلف متانول در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش	۷۲

شکل ۴-۱۸- تغییرات وزن خشک برگ تحت تأثیر غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش ۷۳
شکل ۴-۱۹- تغییرات وزن خشک برگ تحت تأثیر غلظت‌های مختلف متانول و اسید سالیسیلیک در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش ۷۴
شکل ۴-۲۰- روند تغییرات وزن خشک ساقه تحت شرایط تنش و عدم تنش کم‌آبی در زمان ۷۵
شکل ۴-۲۱- روند تغییرات وزن خشک ساقه تحت غلظت‌های مختلف متانول در زمان ۷۶
شکل ۴-۲۲- روند تغییرات وزن خشک ساقه تحت غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک در زمان ۷۶
شکل ۴-۲۳- تغییرات وزن خشک ساقه تحت تأثیر غلظت‌های مختلف متانول در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش ۷۷
شکل ۴-۲۴- تغییرات وزن خشک ساقه تحت تأثیر غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش ۷۸
شکل ۴-۲۵- تغییرات وزن خشک ساقه تحت تأثیر غلظت‌های مختلف متانول و اسید سالیسیلیک در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش ۷۹
شکل ۴-۲۶- تغییرات وزن خشک میوه تحت تأثیر غلظت‌های مختلف متانول در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش ۸۱
شکل ۴-۲۷- تغییرات وزن خشک میوه تحت تأثیر غلظت‌های مختلف متانول و اسید سالیسیلیک در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش ۸۲
شکل ۴-۲۸- تغییرات عملکرد تحت تأثیر غلظت‌های مختلف متانول در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش ۸۴
شکل ۴-۲۹- تغییرات عملکرد تحت تأثیر غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش ۸۵
شکل ۴-۳۰- تغییرات عملکرد تحت تأثیر غلظت‌های مختلف متانول و اسید سالیسیلیک در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش ۸۶
شکل ۴-۳۱- تغییرات تعداد کپسول در بوته تحت تأثیر غلظت‌های مختلف متانول در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش ۸۸
شکل ۴-۳۲- تغییرات تعداد کپسول در بوته تحت تأثیر غلظت‌های مختلف متانول و اسید سالیسیلیک در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش ۸۹
شکل ۴-۳۳- تغییرات تعداد دانه در کپسول تحت تأثیر غلظت‌های مختلف متانول در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش ۹۱
شکل ۴-۳۴- تغییرات وزن هزار دانه تحت تأثیر غلظت‌های مختلف متانول در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش ۹۳
شکل ۴-۳۵- تغییرات درصد روغن دانه تحت تأثیر غلظت‌های مختلف متانول در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش ۹۵
شکل ۴-۳۶- تغییرات درصد روغن دانه تحت تأثیر غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش ۹۶

شکل ۴-۳۷- تغییرات درصد روغن دانه تحت تأثیر غلظت‌های مختلف متانول و اسید سالیسیلیک در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش ۹۷
شکل ۴-۳۸- تغییرات عملکرد روغن دانه تحت تأثیر غلظت‌های مختلف متانول در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش ۹۸
شکل ۴-۳۹- تغییرات عملکرد روغن دانه تحت تأثیر غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک و متانول ۹۹
شکل ۴-۴۰- تغییرات درصد پروتئین دانه تحت تأثیر غلظت‌های مختلف متانول در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش ۱۰۱
شکل ۴-۴۱- تغییرات درصد پروتئین دانه تحت تأثیر غلظت‌های مختلف متانول و اسید سالیسیلیک در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش ۱۰۲
شکل ۴-۴۲- تغییرات عملکرد پروتئین دانه تحت تأثیر غلظت‌های مختلف متانول در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش ۱۰۴
شکل ۴-۴۳- تغییرات عملکرد پروتئین دانه تحت تأثیر غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش ۱۰۵
شکل ۴-۴۴- تغییرات عملکرد پروتئین دانه تحت تأثیر غلظت‌های مختلف متانول و اسید سالیسیلیک در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش ۱۰۶

فهرست جداول

عنوان	صفحه
جدول ۳-۱- مشخصات نمونه خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی متری محل اجرای آزمایش	۴۲
جدول ۴-۱- مقایسه میانگین تعداد دانه در کپسول تحت تأثیر محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف اسید سالسیلیک و متانول	۹۰
جدول پیوست ۱- میانگین مربعات شاخص سطح برگ تحت تأثیر تنش کم‌آبی و محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک و متانول در نمونه‌برداری‌های مختلف	۱۲۰
جدول پیوست ۲- میانگین مربعات ارتفاع بوته، ارتفاع تا اولین گره میوه دهنده در بوته و تعداد شاخه فرعی تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های مختلف اسیدسالسیلیک و متانول در شرایط تنش	۱۲۱
جدول پیوست ۳- میانگین مربعات وزن خشک برگ تحت تأثیر تنش کم‌آبی و محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک و متانول در نمونه‌برداری‌های مختلف	۱۲۲
جدول پیوست ۴- میانگین مربعات وزن خشک ساقه تحت تأثیر تنش کم‌آبی و محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک و متانول در نمونه‌برداری‌های مختلف	۱۲۳
جدول پیوست ۵- میانگین مربعات وزن خشک میوه تحت تأثیر تنش کم‌آبی و محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک و متانول در نمونه‌برداری‌های مختلف	۱۲۴
جدول پیوست ۶- میانگین مربعات عملکرد و اجزای عملکرد تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های مختلف اسیدسالسیلیک و متانول در شرایط تنش	۱۲۵
جدول پیوست ۷- میانگین مربعات درصد و عملکرد روغن دانه و درصد و عملکرد پروتئین دانه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های مختلف اسیدسالسیلیک و متانول در شرایط تنش	۱۲۶
جدول پیوست ۸- مقایسه میانگین سطح برگ تحت تأثیر ترکیبات تیماری سه جانبه حاصل از آبیاری، اسید سالیسیلیک و متانول	۱۲۷

فصل اوّل

مقدمه

رونق کشاورزی به عنوان پایه‌ی توسعه‌ی اقتصادی در جهت دستیابی به خودکفایی جز با بهره‌گیری از دست‌آوردهای علم و فن‌آوری ممکن نیست. روش‌های تولید باید ضمن حفظ منابع طبیعی در جهت افزایش تولید محصولات کشاورزی گام بردارد و این هدف در شرایطی تحقق می‌پذیرد که دانش فراگیر و فن‌آوری لازم عوامل تولید برای یک محصول زراعی در کشاورزی پایدار مورد توجه قرار گیرد. کشاورزی در فضای باز صورت می‌گیرد و آب و هوا فعالیت‌های کشاورزی را در تمام طول سال تحت تأثیر قرار می‌دهد. امروزه که عملکرد محصولات زراعی به ظرفیت پتانسیل خود نزدیک می‌شوند، تولیدات کشاورزی در مقابل آب و هوا آسیب‌پذیر شده‌اند.

تنش‌های محیطی از مهم‌ترین عوامل کاهش‌دهنده‌ی عملکرد گیاهان زراعی در سطح جهان هستند. چنانچه تنش‌های محیطی حادث نمی‌شدند، عملکردهای واقعی باید برابر با عملکردهای پتانسیل گیاهان می‌شد. تولید غذا به‌واسطه‌ی اثرات تنش‌های زنده و غیرزنده‌ی محیطی در حال کاهش است. بنابراین کاهش این تلفات یک موضوع اصلی مربوط به تضمین امنیت غذایی در شرایط مختلف آب و هوایی است. تنش‌های غیرزنده از قبیل خشکی، دمای بالا و پایین، اثرات سمی فلزات سنگین و شوری بالا در سرتاسر جهان به رشد و تولید گیاهان آسیب می‌رسانند.

خشکی پدیده‌ای بحرانی و اجتناب ناپذیر است، که همه‌ساله در بخش‌هایی از دنیا در زمان‌های مختلف با دامنه و شدت متفاوت به تولید موفقیت‌آمیز محصول آسیب می‌رساند. همچنین خشکی مهم‌ترین تنش محیطی است که رشد و پتانسیل تولید گیاهان زراعی را بیشتر از سایر فاکتورهای محیطی محدود می‌کند. گیاه تنش خشکی را هنگامی تجربه می‌کند که تأمین آب برای ریشه مشکل می‌شود یا زمانی که سرعت تعرق بسیار بالا می‌رود (احمد انجوم و همکاران، ۲۰۱۱). برای این‌که گیاه بتواند آب جذب کند، بایستی پتانسیل آب سلول‌های ریشه نسبت به اطراف آن کمتر باشد (تاکب و همکاران، ۱۹۹۵). در واقع در شرایط تنش خشکی پتانسیل آب محیط گیاه منفی‌تر از شرایط طبیعی بوده و جذب آب توسط گیاه با مشکل مواجه می‌شود. تحقیقات بسیاری در مورد تأثیر کمبود آب بر رشد و نمو گیاهان انجام شده است (بری، ۲۰۰۷). این تحقیقات حاکی است که کاهش رشد

به دلایل مختلفی حادث می‌شود. وقتی گیاهان به آب کافی دسترسی نداشته باشند، مقدار مواد بازدارنده رشد از جمله آبسزیک اسید، در گیاه افزایش می‌یابد. از طرفی کاهش مقدار هورمون‌های محرک رشد مانند اکسین‌ها، جیبرلین‌ها و سیتوکینین‌ها در گیاه ر ا بر اثر کمبود آب گزارش کرده‌اند (تاکب و همکاران، ۱۹۹۵). عملکرد گیاهان زراعی در طی پنجاه سال گذشته افزایش قابل توجهی داشته است (فائو، ۲۰۰۷). درحالی که میزان تبخیر و تعرق فصلی ثابت مانده است. دلیل این افزایش، بهبود کارآیی مصرف آب است. البته کارآیی مصرف آب بالا، لزوماً به معنای مقاومت به خشکی یا تحمل بیشتر در برابر خشکی نیست. عواملی چون آب، دی‌اکسیدکربن، دمای هوا، گونه گیاهی، مسیر فتوسنتزی گیاه، رفتار روزنه‌ای گیاه، اندازه و ساختمان و آرایش برگ‌ها، خصوصیات خاک و عوامل اقتصادی تولید بر کارایی مصرف آب اثر گذار هستند (آشوک‌میشرا و ویجا سینگ، ۲۰۱۰).

خشکی اغلب بر اثر مجموعه‌ای از فرآیندهای فیزیکی محیطی که گیاه را با تنش آبی مواجه می‌سازند به‌وجود می‌آید و تولید محصول را کاهش می‌دهد (فاروق و همکاران، ۲۰۰۸). نخستین و حساس‌ترین واکنش نسبت به کمبود آب، کاهش در آماس و رشد یاخته (به‌ویژه طویل‌شدن) است. متابولیسم پروتئین و سنتز آمینواسیدها نیز در شرایط کمبود آب به سرعت مختل می‌شوند. حتی یک کمبود متوسط آب نیز کافی است تا سنتز آبسزیک اسید از کاروتنوئیدها را در ریشه تحریک کند. آبسزیک اسید تولیدی به بخش‌های مختلف اندام‌های هوایی گیاه منتقل می‌شود و در آنجا اثرات مختلفی را سبب می‌شود. پیری را تسریع می‌کند، یاخته‌های گیاه پژمرده، برگ‌های مسن‌تر خشک شده و می‌ریزند (مظاهری‌تیرانی و منوچهری‌کلانتری، ۱۳۸۶). کمبود آب موجب کاهش حجم سلول و افزایش غلظت شیره یاخته‌ای می‌شود و پروتوپلاسم آب خود را از دست می‌دهد و متابولیسم پروتئین و سنتز آمینواسیدها نیز در این شرایط به سرعت مختل می‌شود.

در بسیاری از مناطق دنیا یکی از مشکلات توسعه کشت کنجد نیز تنش‌های محیطی و از جمله تنش خشکی بوده است (مندهام و سلیسبوری، ۱۹۹۵). در ایران نیز در سال‌های اخیر توجه زیادی

به توسعه دانه‌های روغنی و از جمله کنجد شده است. ولی هنوز اطلاعات اندکی از کارآیی این گیاه در شرایط متغیر محیطی در ایران منتشر شده است. کاشت دانه‌های روغنی از دیرباز مورد توجه کشاورزان در کشورهای شرقی بوده است و برخی از آنها جزو اقلام عمده صادراتی این کشورها محسوب می شدند. ایران از جمله کشورهایی است که کاشت برخی از دانه های روغنی مانند کنجد، کرچک، گلرنگ و آفتابگردان در آن قدمتی طولانی دارد. اما با این سابقه دیرینه و وجود پتانسیل‌های فراوان در زمینه تولید دانه‌های روغنی، پیشرفت چندانی در این زمینه حاصل نشده است. اخیراً با توجه به نیاز روز افزون کشور به روغن، کنجد می‌تواند به عنوان یک گیاه صنعتی و روغنی مهم مطرح باشد (رضوانی‌مقدم، ۱۳۸۴). بخش قابل‌توجهی از دوره‌ی رشد کنجد در تابستان قرار دارد که با تنش‌های خشکی و گرما روبرو خواهد بود. لذا یافتن راه‌کاری که بتوان با استفاده از آن میزان تنش وارده به گیاه را کاهش داد یا مقاومت گیاه به تنش‌ها، به ویژه خشکی را افزایش داد، ضروری به نظر می‌رسد.

یکی از روش‌هایی که اخیراً به عنوان کاهش دهنده اثرات تنش روی گیاهان مطرح شده است کاربرد خارجی اسیدسالیسیلیک و متانول می‌باشد. اسید سالیسیلیک یک هورمون گیاهی است که در گیاهان به طور گسترده‌ای توزیع شده است. و نقش مهمی در برابر عوامل و فعالیت های فیزیولوژیکی بازی می‌کند. اسید سالیسیلیک هم چنین نقش فعالی در کنترل تعرق، بسته شدن روزنه‌ها، جوانه زدن بذرها، عملکرد میوه، گلدهی (راسکین، ۱۹۹۲) و تحمل گرما (دات و همکاران، ۱۹۹۸) بازی می‌کند.

متانول از جمله موادی است که به لحاظ داشتن اکسیژن، کربن و هیدروژن در فرمول شیمیایی خود موجب افزایش تثبیت CO_2 در گیاهان زراعی در واحد سطح می شود (صفرزاده ویشگاهی، ۲۰۰۷). بنابراین مصرف متانول در بوته‌هایی از گیاهان زراعی که دارای کمبود آب هستند سبب افزایش بیوماس آنها می‌گردد (همینگ و کریدل، ۱۹۹۵). در این پژوهش اسید سالیسیلیک و متانول با غلظت‌های مختلف روی بوته‌های کنجد قرار گرفته در معرض رژیم‌های مختلف آبیاری محلول‌پاشی

گردید و به این ترتیب تأثیر محلول پاشی متانول و اسیدسالیسیلیک بر خصوصیات کیفی و کمی کنجد تحت شرایط کم‌آبیاری مورد بررسی قرار گرفت.

اهداف تحقیق

۱. بررسی تأثیر اسید سالیسیلیک برخصوصیات فیزیولوژیک و مرفولوژیک کنجد در هر دو شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش
۲. بررسی تأثیر اسید سالیسیلیک و متانول به تنهایی بر خصوصیات کمی و کیفی کنجد
۳. بررسی تأثیر ترکیبی اسید سالیسیلیک و متانول بر خصوصیات کمی و کیفی کنجد
۴. بررسی میزان کاهش شدت تنش در اثر کاربرد برگی هر یک از مواد اسید سالیسیلیک و متانول به تنهایی و توأم با یکدیگر
۵. مقایسه بین غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک و متانول در هر دو شرایط تنش کم‌آبیاری و عدم تنش

فصل دوم

بررسی منابع

۲-۱- کنجد

۲-۱-۱- تاریخچه

کنجد یکی از دانه‌های روغنی و خوراکی مهم در کشاورزی سنتی نواحی گرم به شمار می‌رود و ظاهراً قدیمی‌ترین دانه روغنی در جهان می‌باشد. سابقه کشت و پراکندگی گونه‌های مختلف کنجد در آفریقا، ایران، افغانستان، هندوستان و استرالیا آن‌قدر زیاد است که در رابطه با محل دقیق اهلی شدن آن اتفاق نظر نیست. واویلف، هند را منشأ کنجد دانسته است. اما تنوع وسیع انواع وحشی در آفریقا نشان می‌دهد که احتمالاً کنجد زراعی از *Sesamum capense* در نواحی مرکزی قاره آفریقا و ظاهراً در اتیوپی منشأ یافته است. ظاهراً کنجد توسط استعمارگران به اروپا و آمریکا راه پیدا کرده است. مقدار تولید کنجد در جهان طی سال‌های اخیر حدود ۳ میلیون تن در سال برآورد گردیده است. کشورهای چین، هند، سودان و میانمار مهم‌ترین تولیدکنندگان کنجد در جهان به شمار می‌روند (خواجه‌پور، ۱۳۸۵). از حدود ۲۰ گونه وحشی جنس *Sesamum* که در آسیا و آفریقا کشت می‌شود، گونه هندی (*Sesamum indicum*) از دیدگاه اقتصادی از ارزش بیشتری برخوردار می‌باشد (ناصری، ۱۳۷۵).

سابقه کشت کنجد در بین‌النهرین، پاکستان و ایران به بیش از ۴۰۰۰ سال می‌رسد. کشت دانه‌های روغنی از دیرباز بخش مهمی از کشاورزی بسیاری از کشورها بوده و جزء مهمی از اقلام صادراتی کشورها را تشکیل می‌دهد. در ایران نیز کشت دانه‌های روغنی مانند کنجد، گلرنگ، کرچک و آفتابگردان قدمتی طولانی دارد (بهدائی و راشد، ۱۳۷۷). در حال حاضر، کنجد در نواحی مختلف کشور شامل استان‌های خوزستان، بلوچستان، اصفهان و فارس و حتی در بعضی نواحی سرد مانند شهرهای اراک، نهاوند و مراغه کاشته می‌شود. بر اساس گزارش فائو در سال ۲۰۰۰ سطح زیر کشت کنجد در ایران حدود ۳۹۰۰۰ هکتار با میانگین عملکرد حدود ۶۹۰ کیلوگرم در هکتار بوده است. پتانسیل عملکرد کنجد به ۳۰۰۰ کیلوگرم در هکتار می‌رسد. عملکردهای بیش از ۱۰۰۰ کیلوگرم در هکتار در زراعت سنتی و بیش از ۲۰۰۰ کیلوگرم در زراعت مکانیزه و تحت شرایط آبیاری مطلوب به

شمار می روند (خواجه پور، ۱۳۸۵). سطح زیر کشت کنجد در جهان طبق آمار منتشره فائو در سال ۲۰۰۴ میلادی حدود ۶/۵۶ میلیون هکتار بوده است و در ایران در همین سال معادل ۴۲ هزار هکتار گزارش شده است (فائو، ۲۰۰۴).

۲-۱-۲- اهمیت

دانه‌های سفید تا زرد کنجد به صورت کامل در تهیه نان و کیک و شیرینی مورد استفاده قرار می‌گیرند. دانه و برگ کنجد به عنوان داروی گیاهی در طب سنتی کاربرد دارند. دانه کنجد از لحاظ پروتئین، چربی، کلسیم و فسفر غنی بوده و منبع خوبی از ویتامین‌های آ و ب (شامل تیامین، ریبوفلاوین و نیاسین) محسوب می‌شود. مقدار کمی نیز مولیبدن، روی، کبالت و ید در دانه کنجد یافت می‌گردد. مقدار پروتئین دانه کنجد به مقدار نیتروژن خاک بستگی دارد و اغلب بین ۱۹ تا ۲۷ درصد متغیر است. پروتئین کنجد دارای مقدار زیادی اسیدهای آمینه گوگرددار می‌باشد و از این لحاظ مطلوب به شمار می‌رود اما از لحاظ لیسین فقیر است. کنجد به لحاظ داشتن پروتئین و روغن پرکیفیت از دیر باز مورد توجه مردم بوده است (خواجه پور، ۱۳۸۵). افزون بر این، روغن کنجد مایع و همچنین هیدروژنه شده در مقابل اکسیداسیون بسیار مقاوم می‌باشد. این ویژگی مربوط به فنلی بنام سسامول[1] است که از هیدرولیز ماده دیگری بنام سسامولین[2] که در خود روغن وجود دارد به‌دست می‌آید (هلث و ولفار، ۱۹۹۰). کنجد دانه روغنی با ارزشی است که بسته به شرایط و نوع رقم دارای ۴۵ تا ۶۲ درصد روغن است و روغن آن از دوام خوبی برخوردار است (رابلن و همکاران، ۱۹۸۹).

۲-۱-۳- گیاه شناسی

1- Sesamol
2- Sesamolin

کنجد با نام علمی سساموم ایندیکوم (*sesamum indicum*) گیاهی است یکساله از تیره کنجد (*pedaliaceae*) و دیپلوئید (2n=26) که به صورت بوته‌ای استوار رشد می‌کند. طول دوره‌ی رشد کنجد از ۳ تا ۶ ماه متغیر است. کنجد سیستم ریشه‌ای مستقیم، قوی و گسترده دارد. ساقه کنجد مستقیم، دارای شیارهای طولی و در برش قطری چهار گوش است. سطح ساقه از صاف تا بسیار کرک دار متغیر می‌باشد. ساقه کنجد دارای مواد لزج (موسیلاژ) و آبدار است. رنگ ساقه از سبز روشن تا ارغوانی متغیر و اغلب سبز تیره است. ارتفاع ساقه اغلب از ۶۰ تا ۱۵۰ سانتی متر متغیر است و گاه تا ۳ متر می‌رسد. برگ‌ها از نظر شکل و اندازه روی یک بوته و نیز در بین ارقام متفاوتند (هلث و ولفار، ۱۹۹۰). به‌طور کلی برگ‌های پایینی بوته عریض و اغلب دندانه‌دار بوده و دارای بریدگی‌های کم و بیش زیاد می باشند. با پیشروی به سمت فوقانی ساقه از میزان بریدگی برگ‌ها به شدت کاسته می‌شود و برگ‌ها باریک‌تر و کشیده‌تر می‌گردند. به طوری که برگهای فوقانی باریک و نوک تیز می‌باشند. برگ‌های تحتانی دارای طول ۸ تا ۱۸ سانتی متر و عرض ۶ تا ۱۰ سانتی متر هستند و طول دمبرگ آنها به ۵ سانتی متر می‌رسد. برگ‌های فوقانی به طول ۵ تا ۱۳ سانتی‌متر و عرض ۱ تا ۳ سانتی‌متر مشاهده می‌گردد. و طول دمبرگ آنها به ۱ تا ۲ سانتی‌متر می‌رسد. برگ‌ها به رنگ سبز روشن تا سبز تیره، کم و بیش کرک‌دار و دارای مواد لزج می‌باشند. گلهای زنگوله مانند کنجد به طول ۳ تا ۴ سانتی‌متر در زاویه داخلی برگ‌ها به ظهور می‌رسند. تشکیل گلها حدود ۱/۵ تا ۲/۵ ماه بعد از سبزشدن از ناحیه پایینی بوته آغاز شده و به طرف بالا ادامه می‌یابد. بالاترین گره‌های ساقه به گل تبدیل نمی‌گردد و بدین لحاظ گیاه رشد نامحدود است. ولی برخورد اواخر دوران رشد گیاه به هوای خنک سبب توقف رشد طولی ساقه و توقف تشکیل گل می‌گردد (رابلن و همکاران، ۱۹۸۹). هر گل بر روی دمگل کوتاهی ظاهر می‌شود و از پنج گلبرگ با اندازه‌های متفاوت تشکیل شده است. جام گل به رنگ سفید، صورتی و یا ارغوانی است و در سطح داخلی ممکن است لکه‌های زرد مایل به ارغوانی، قرمز یا سیاه داشته باشد. در هر گل چهار پرچم وجود دارد که دو به دو بهم متصل می‌باشند. یک جفت کوتاه‌تر از جفت دیگر است. تخمدان زبرین بوده و از ۲، ۴، ۶، ۸ و یا ۱۲ برچه تشکیل گردیده

است. گلها اغلب خودگشن می‌باشند. میزان دگرگشنی بستگی زیادی به فعالیت حشرات داشته و به ندرت از ۱۰ درصد تجاوز می‌کند. میوه کنجد به صورت کپسولی شکوفا، چهار گوش با رأس کوتاه مثلثی، کرک‌دار و با شیارهای عمیق طولی است. طول کپسول از ۲/۵ تا ۸ سانتی‌متر و قطر آن از ۰/۵ تا ۲ سانتی‌متر متغیر است. در هر کپسول اغلب ۲ یا ۴ و گاه ۱۲ برچه مشاهده می‌گردد. دانه کوچک کنجد (به ابعاد ۱/۵ در ۳ میلی‌متر) تخم مرغی شکل، کمی پهن و در محل اتصال به تخمدان باریکتر است (خواجه پور، ۱۳۸۵). این گیاه دارای ریشه‌های مستقیم، قوی و توسعه یافته است که شکل آن بسته به تیپ رشدی ساقه و همچنین میزان رطوبت در لایه‌های مختلف ریزوسفر متفاوت است (گلستانی و پاک‌نیت، ۲۰۰۸).

۲-۱-۴- سازگاری

کنجد محصول نواحی گرم است و در فاصله عرض جغرافیایی ۳۵ درجه جنوبی تا ۴۰ درجه شمالی و اغلب تا ارتفاع حدود ۱۷۰۰ متر از سطح دریا (بسته به رقم و عرض جغرافیایی) کاشته می‌شود. دمای ۲۰ تا ۲۴ درجه سانتی‌گراد در اوایل دوره رشد و دمای ۲۷ درجه سانتی‌گراد در دوران دانه‌بندی برای کنجد مناسب است. دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد موجب تسریع سبز شدن، رشد اولیه و گل‌دهی می‌گردد. دمای زیر ۲۰ درجه سانتی‌گراد نیز موجب نقصان سرعت سبز شدن و رشد می‌شود و دمای زیر ۱۰ درجه سانتی‌گراد موجب توقف جوانه‌زنی و رشد و موجب عقیمی می‌گردد. تولید کنجد مستلزم وجود یک دوره یخبندان حداقل ۱۵۰ روزه می‌باشد (هلث و ولفار، ۱۹۹۰). وقوع یخبندان در دوران رسیدگی موجب مرگ گیاه می‌شود و کیفیت دانه و روغن را کاهش می‌دهد. کنجد گیاهی روز کوتاه و ارقام حساس به طول روز آن طی حدود ۴۲ تا ۴۵ روز تحت طول روز ۱۰ ساعت به مرحله گل‌دهی می‌رسند. ولی بسیاری از ارقام نسبت به طول روز بی‌تفاوت می‌باشند. کنجد ریشه توسعه یافته‌ای دارد که تا حدی آن را به خشکی مقاوم می‌سازد. وجود کرک‌ها روی ساقه و برگ‌ها و مواد لزج در ساقه و برگ‌ها نیز ممکن است در مقاومت گیاه به خشکی نقش داشته باشد. گیاهچه

کنجد به آب ایستادگی بسیار حساس است. حداکثر مقاومت کنجد به آب ایستادگی در مرحله رسیدگی مشاهده می‌گردد. وقوع بارندگی طی دوران رسیدگی موجب تأخیر در رسیدگی محصول می‌شود و عملیات برداشت و خرمن‌کوبی محصول را مشکل می‌سازد. به‌طور کلی خشکی خاک و هوا طی دوران رسیدگی و برداشت محصول مطلوب می‌باشد. خاک‌های دارای بافت متوسط شامل لوم، لوم شنی ریز و لوم سیلتی با ساختمان خوب و باروری متوسط برای کنجد ایده ال به شمار می‌رود. خاک‌های کم‌عمق، اسیدی و دارای محدودیت نفوذپذیری سطحی و زیر سطحی برای کنجد نامطلوب به شمار می‌رود. کنجد پی اچ حدود خنثی را ترجیح می‌دهد اما پی اچ ۵/۵ تا ۸ را تحمل می‌کند. کنجد از گیاهان حساس به شوری آب آبیاری و نیز حساس به بُر محسوب می‌شود. کنجد به باد نیز حساس است. باد نه تنها موجب خوابیدگی محصول می‌شود بلکه سبب ریزش دانه نیز می‌گردد (خواجه پور، ۱۳۸۵). گیاه کنجد به عنوان یک محصول مقاوم به خشکی و گرما شناخته شده است ولی برای تولید و عملکرد بالا به رطوبت احتیاج دارد (گریگوری، ۲۰۰۶).

۲-۱-۵- مراحل نمو

از نظر تصمیم‌گیری‌های زراعی، ممکن است مراحل نمو کنجد را شامل سبز شدن، تشکیل برگ‌ها، شروع تشکیل جوانه گل، شروع گلدهی، شروع نیام‌بندی، گل‌دهی کامل، شروع رسیدگی فیزیولوژیک و رسیدگی کامل دانست. زمان سبز شدن اولین روزی است که لپه‌های ۵۰ درصد از بذرهای کاشته شده در واحد سطح از خاک خارج گردیده و از یکدیگر جدا شده باشند (هلث و ولفار، ۱۹۹۰).

پس از سبز شدن، برگ‌های حقیقی به ظهور می‌رسند. این مرحله را ممکن است بر اساس تعداد برگ‌های حقیقی (غیر لپه ای) روی ساقه اصلی ۵۰ درصد بوته‌ها به مراحل یک برگی، دوبرگی و الی آخر تقسیم نمود. برگ قابل شمارش برگی است که کاملاً باز شده و یا طول میانگره زیرین آن به حداقل ۵ میلی‌متر رسیده باشد. شروع تشکیل جوانه گل اولین روزی است که در آن اولین جوانه گل

به طول حدود ۵ میلی‌متر روی ساقه اصلی ۵۰ درصد از بوته‌ها مشاهده گردد. مرحله شروع گل‌دهی اولین روزی است که در آن اولین گل باز شده روی ساقه اصلی ۵۰ درصد از بوته ها مشاهده شود (خواجه پور، ۱۳۸۵). شروع نیام‌بندی مصادف با اولین روزی است که در آن اولین نیام به طول حدود ۵ میلی‌متر روی ساقه اصلی ۵۰ درصد از بوته‌ها مشاهده گردد (شارپ و لنوبل، ۲۰۰۲). مرحله گل‌دهی کامل هنگامی است که نیامی به طول ۵ میلی‌متر در چهارمین گره قابل شمارش از رأس ساقه اصلی ۵۰ درصد از بوته‌ها مشاهده شود. گره قابل شمارش گره‌ای است که دارای برگ قابل شمارش باشد. مرحله شروع رسیدگی فیزیولوژیک برابر اولین روزی است که اولین نیام روی ساقه اصلی ۵۰ درصد از بوته‌ها به رنگ قهوه‌ای در آمده باشد. مرحله رسیدگی فیزیولوژیک کامل هنگامی است که ۷۵ درصد نیام‌های روی ساقه اصلی ۵۰ درصد از بوته‌ها به رنگ قهوه‌ای در آمده باشد (رابلن و همکاران، ۱۹۸۹).

۲-۱-۶- ارقام

هزاران توده و نژاد کنجد در کشاورزی سنتی جهان وجود دارند که هر یک به شرایط اقلیمی – خاکی ناحیه مورد تولید کم و بیش سازگاری دارند، ولی ممکن است به سایر نواحی اقلیمی – خاکی ناسازگار باشند. با این حال، باید توجه داشت که توده محلی مورد کاشت در هر منطقه ضرورتاً بهترین و پرتولیدترین توده و یا ژنوتیپ برای آن منطقه نیست. ژنوتیپ‌های کنجد از لحاظ میزان بریدگی پهنک و آرایش برگ‌ها روی ساقه، ارتفاع بوته، ارتفاع اولین گل از سطح زمین، میزان و فرم شاخه‌دهی، تعداد برچه در کپسول، میزان شکوفایی کپسول، یکنواختگی رسیدگی و طول دوره رشد متفاوت می‌باشد. ژنوتیپ‌ها را ممکن است از نظر وجود یا عدم انشعاب به دو گروه تک ساقه و منشعب تقسیم نمود. انواع تک‌ساقه نسبت به انواع منشعب معمولاً زودرس‌تر ولی حساس‌تر به خشکی می‌باشند. کپسول‌ها در انواع تک‌ساقه به خوبی به ساقه نزدیک است و به حالت تقریباً عمودی قرار دارند. این وضع احتمال ریزش دانه را در صورت شکفتن نیام کاهش می‌دهد. به طور کلی انواع

تک‌ساقه از نظر یکنواختی رسیدگی، سهولت عملیات برداشت و حمل و نقل بوته‌ها و نیز کمی ریزش مطلوب هستند. اکثر ارقام زراعی از نوع تک‌ساقه می‌باشند (گریگوری، ۲۰۰۶).

ژنوتیپ‌ها را ممکن است بر اساس وجود یا عدم شکوفایی کپسول نیز گروه‌بندی نمود. تقریباً تمام توده‌های محلی در گروه شکوفا قرار دارند. ولی بر اثر فعالیت‌های به‌نژادی، ارقامی اصلاح شده‌اند که ناشکوفا هستند، عملکرد بالایی دارند و برای شرایط مکانیزه مطلوب می‌باشند. این ارقام دارای بوته‌های کوتاه، شاخه‌دهی عمودی، مقاوم به خوابیدگی و تیپ رشدی محدود می‌باشند و از لحاظ رسیدگی یکنواخت و میان‌رس هستند. کپسول‌ها در این ارقام دو برچه‌ای و با دیواره نازک است و به سهولت خرمن کوبی می‌گردند. در زاویه داخلی هر برگ آنها یک کپسول تشکیل می‌شود. دانه‌ها در این ارقام به رنگ قهوه‌ای روشن (برنزه)، اندازه متوسط و از لحاظ شکل و اندازه یکنواخت می‌باشند.

در ایران معمولاً از توده‌های محلی کنجد برای کاشت استفاده می‌شود. در این میان می‌توان به توده‌های جیرفت، ایرانشهر، خوزستان، داراب و اردستان (استان اصفهان) اشاره نمود (خواجه پور، ۱۳۸۵). کپسول در این توده‌ها شکوفا بوده و خطر ریزش در آن‌ها زیاد است. این توده‌ها مناسب کشت در مساحت‌های بزرگ و شرایط مکانیزه نیستند. در اثر فعالیت‌های به‌نژادی در ایران، لینه‌های مناسب را از توده‌های جیرفت، خوزستان، اردستان و داراب جدا نموده‌اند. این لینه‌ها با شماره‌های آزمایشی در دست بررسی می‌باشند (شارپ و لنوبل، ۲۰۰۲).

۲-۱-۷- آبیاری

گیاه پس از سبز شدن و در مرحله گیاهچه‌ای به دلیل محدودیت گسترش ریشه به خشکی حساس می‌باشد. کنجد در مرحله گل‌دهی و دانه‌بندی نیز، به دلیل گسترش شاخص سطح برگ و تشکیل اندام‌های ظریف مریستمی، به تنش رطوبتی حساس است. ارقام ناشکوفا نیاز رطوبتی بیشتری نسبت به ارقام شکوفا به دلیل میزان تعرق بالاتر دارند (گریگوری، ۲۰۰۶). برنامه آبیاری کنجد را

می‌توان در خاک‌هایی با بافت متوسط تا نیمه سنگین به شرح زیر پیشنهاد نمود. اولین آبیاری بهتر است قبل از کاشت انجام گیرد و کاشت با گاورو شدن خاک به عمل آید. دومین آبیاری به فاصله چند روز بعد از کاشت و قبل از خشک شدن خاک سطحی و به طور سبک انجام شود. دو آبیاری بعدی نیز باید به طور سبک و قبل از خشک شدن لایه ۱۵سانتی‌متری فوقانی خاک به عمل آیند. آبیاری‌های بعدی تا ظهور اولین آثار شروع گل‌دهی هنگامی به عمل آیند که پتانسیل آب در عمق ۲۰ تا ۳۰ سانتی‌متری خاک به حدود ۱- تا ۲- اتمسفر رسیده و یا حدود ۶۰ تا ۶۵ درصد رطوبت قابل استفاده مصرف شده باشد. تبخیر حدود ۹۰ تا ۱۰۰ میلی‌متر آب از تشت تبخیر استاندارد، معیار قابل استفاده دیگری در این مرحله از رشد می‌باشد. در شرایطی که کنجد به‌طور مستقیم کمباین نمی‌گردد، آبیاری‌ها از زمان شروع گل‌دهی تا حدود دو هفته قبل از مرحله شروع رسیدگی فیزیولوژیک (آخرین آبیاری) بر اساس رسیدن پتانسیل آب در خاک به حدود ۰/۵- اتمسفر یا مصرف حدود ۵۰ درصد از رطوبت قابل استفاده از خاک انجام گیرد (خواجه پور، ۱۳۸۵). تبخیر حدود ۷۰ میلی‌متر آب از تشت تبخیر استاندارد، معیار دیگری برای آبیاری در این مرحله از رشد است. همین معیار آبیاری را می‌توان در شرایطی که کنجد به طور مستقیم کمباین می‌گردد، از زمان شروع گل‌دهی تا شروع رسیدگی فیزیولوژیک (آخرین آبیاری) در محصول به کار گرفت (هلث و ولفار، ۱۹۹۰).

۲-۱-۸- محصولات

روغن نیمه خشک شونده کنجد با ضریب یدی ۱۰۰ تا ۱۳۰ به عنوان روغن‌های سالادی و طباخی و نیز در صنعت مارگارین، صابون، رنگ، عطر، دارو و موادآرایشی مصرف می‌شود. درصد روغن و پروتئین کنجاله به روش استخراج روغن بستگی دارد (خواجه پور، ۱۳۸۵). میزان روغن کنجاله از ۱ تا ۱۴ درصد و مقدار پروتئین کنجاله از ۳۰ تا ۵۰ درصد متغیر است. کنجاله کنجد از نظر متیونین، کلسیم، فسفر و نیاسین غنی ولی از لحاظ لیسین فقیر می‌باشد. کنجاله کنجد برای تغذیه نشخوارکنندگان بسیار مطلوب است. کنجاله کنجد را می‌توان همراه با کنجاله سویا در جیره طیور

مصرف نمود. اما نباید بیش از ۱۵ درصد جیره طیور را تشکیل دهد. وجود حدود ۵ درصد اسید فیتیک در کنجاله که موجب کاهش جذب کلسیم، منیزیم و روی می‌شود سبب کاهش مطلوبیت کنجاله کنجد برای طیور شده است. ساقه و بقایای حاصل از خرمن‌کوبی کنجد را می‌توان به عنوان علوفه دام مصرف نمود ولی در بیشتر موارد به عنوان سوخت مصرف می‌گردد (گریگوری، ۲۰۰۶).

۲-۲- اهمیت آب در گیاه

بیش از ۸۰ درصد بافت گیاهی را آب تشکیل داده است (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۶). کمبود آب در گیاهان عوارض شدیدی را به سرعت آشکار می‌سازد و مهم‌ترین عامل محدودکننده رشد و نمو گیاهان محسوب می‌شود. بین ۶۰ تا ۹۰ درصد آب در داخل سلول‌ها قرار داشته و تا حدودی به استحکام سلول‌ها کمک می‌کند.۱۰ تا ۴۰ درصد بقیه در دیواره وارد شده و در آنجا محیط پیوسته‌ای بین سلول‌های مخصوص انتقال در دستجات آوندی و بقیه گیاه فراهم می‌کند (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۶). بنابراین آب در انتقال مواد در گیاه و در داخل سلول‌ها نقش دارد (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۶). نیروهای اسمزی که سبب ایجاد فشار آماس در سلول های آبدار می‌گردند در طویل شدن مکانیکی برگ‌ها و ریشه‌ها و باز شدن روزنه‌ها نقش مهمی دارند.

آب محیط مناسبی را برای انجام تغییرات شیمیایی فراهم می‌نماید و در فرآیند فتوسنتز برای احیای دی‌اکسیدکربن یک ماده ضروری است. پایدار ماندن طیف وسیعی از مایعات کمپلکس مستلزم حضور آب است به طوری که در غیاب آب ذرات باردار بیش از حد متراکم و به هم نزدیک می‌شوند و در فرآیندهای شیمیایی نابسامانی ایجاد می‌شود. آب سبب آب‌گیری و خنثی سازی بار الکتریکی روی مولکول‌های کلوئیدی می‌شود (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۸۲). وجود آب برای جوانه‌زنی و سبز شدن، حفظ آماس برگ به‌ویژه در مرحله گیاه‌چه‌ای، جلوگیری از پژمردگی و به حداکثر رساندن فتوسنتز و عملکرد بالقوه ضروری می‌باشد (جهاد اکبر و همکاران، ۱۳۸۰). در اکثر گیاهان نگهداری و ادامه رشد و نمو به حفظ مقادیر آب نسبتاً بالا در پروتوپلاسم بستگی دارد، زیرا فرآیندهای فیزیولوژیکی بسیار

مهم مانند گسترش سطح برگ، باز شدن روزنه‌ها و انجام فتوسنتز در اثر کاهش پتانسیل آب برگ تحت تأثیر قرار می‌گیرد (بیلو و همکاران، ۱۹۸۳). تلفات آب به صورت تعرق موجب خنک شدن گیاه می‌شود (علیمرادی و همکاران، ۱۳۷۷).

۲-۳- تنش کم‌آبی

تنش کم‌آبی در گیاه به وضعیتی گفته می‌شود که در آن سلول‌ها از حالت آماس خارج شده باشند. به عبارت ساده‌تر تنش کم‌آبی زمانی رخ می‌دهد که سرعت تعرق بیش از سرعت جذب آب باشد، با کاهش آب در خاک و عدم جایگزینی آن، پتانسیل آب در منطقه توسعه ریشه‌ها و به تبع آن پتانسیل آب در گیاه کاهش می‌یابد. تنش کم‌آبی شدید موجب کاهش شدید فتوسنتز، اختلال در فرآیندهای فیزیولوژیکی و سرانجام خشک شدن و مرگ گیاه می‌گردد (وانگ و همکاران، ۲۰۰۳). به عبارت دیگر از آن‌جایی که وضعیت آب در گیاه به‌وسیله‌ی اندازه‌گیری محتوی پتانسیل و محتوی آب توصیف می‌شود، اگر تعادل آب در گیاه به سبب کم‌آبی برهم بخورد گیاه دچار تنش کم‌آبی می‌گردد (دانشیان ، ۱۳۸۱).

حداکثر عملکرد گیاهان زراعی معمولاً زمانی به دست می‌آید که رطوبت خاک بین ظرفیت زراعی[1] و رطوبتی قرار گیرد، که بالاتر از نقطه‌ی پژمردگی دائمی[2] باشد. میزان تنوع در این دامنه، به نوع گیاه، مرحله نمو، نوع محصول قابل عرضه به بازار، خصوصیات خاک و شرایط محیطی محل رویش گیاه بستگی دارد. حساسیت گیاهان نسبت به تنش رطوبت خاک با افزایش دما، سرعت باد و شدت نور افزایش می‌یابد. از آنجایی که آب مولکول مهمی برای تمامی فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاهان می‌باشد و بخش اعظمی از بیوماس گیاهان را تشکیل می‌دهد لذا تنش خشکی بر کلیه فرآیندها و

[1] F.C: Field capacity
[2] PWP: Permanent wilting point

فعل و انفعالات و بسیاری از اندام‌ها تأثیر منفی گذاشته و عملکرد گیاه را کاهش می‌دهد. ولی تأثیر این تنش بر کلیه فرآیندها و اندام‌ها یکسان نیست (وانگ و همکاران، ۲۰۰۳).

به‌طور کلی رفتار گیاه در برابر تنش خشکی را می‌توان با سه مکانیزم اجتناب از کمبود آب، تطابق رشد (فرار از خشکی) و تحمل کمبود آب تقسیم کرد (حکمت‌شعار، ۱۳۷۲). همچنین اثرات تنش خشکی بر گیاه را می‌توان به دو گروه کلی مولفه‌های روزنه‌ای و غیرروزنه‌ای تقسیم کرد (سی و سه مرده و همکاران، ۱۳۸۴). مولفه‌های روزنه‌ای با جریان ورود CO_2 و خروج آب مرتبط هستند و مطالعه آن‌ها نیازمند بررسی در شرایط کنترل شده می‌باشد. پدیده‌های غیرروزنه‌ای ناشی از تأثیر تنش خشکی بر صفات فیزیولوژیکی گیاه مانند سطح برگ، دوام سطح برگ، وزن ویژه برگ و کارآیی‌های مصرف منابع می‌شود (حکمت‌شعار، ۱۳۷۲؛ سی و سه مرده و همکاران، ۱۳۸۴). درمحیط‌های خشک، نیاز اتمسفری تبخیر و تعرق بیشتر بوده و برای تولید یک واحد ماده خشک نیاز به از دست دادن آب بیشتری است. در شرایط خشکی، روزنه‌ها در وسط روز بسته و در صبح و بعد از ظهر که نور کافی باشد باز می‌شوند. این رفتار روزنه‌ها در اکوسیستم‌های مناطق خشک مشاهده شده است (وانگ و همکاران، ۲۰۰۳).

توانایی زنده ماندن و ادامه رشد و نمو و فتوسنتز گیاه در تنش‌های محیطی به پتانسیل ژنتیکی گیاه وابسته است که به صورت پاسخ‌های فیزیولوژیکی و مولکولی بروز می‌یابند. برخی از مواد تنظیم‌کننده رشد خارج از گیاه می‌توانند گیاه را از طریق فتوسنتز بیشتر در مرحله گیاهچه‌ای، برای تحمل تنش تواناتر سازند. عکس‌العمل گیاه در برابر تنش آب با فعالیت متابولیکی، مرفولوژیکی، مرحله رشد و عملکرد پتانسیل گیاه در ارتباط است (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۸۲).

به‌منظور حفظ سطح آب مورد نیاز در بافت گیاهی و یا فعال‌سازی اعمال ویژه‌ای در گیاه در شرایط تنش خشکی، مکانیسم‌های کنترل ژنی یا فیزیولوژیک وجود دارد (بلوم، ۱۹۹۶). یکی از واکنش‌های گیاهان به تنش خشکی تنظیم اسمزی می‌باشد (بلوم، ۱۹۸۹). واکنش‌های کلی به تنش

آب تقریباً همیشه منجر به تطابق گیاه با مصرف و ذخیره آب می‌شود، به گونه‌ای که به کامل شدن چرخه زندگی کمک کرده و تکثیر گونه‌ها را تضمین می‌کند (کرمی، ۱۳۷۷).

۲-۴- تغییرات آنزیمی طی تنش

تحمل به یک تنش خاص عبارت از ظرفیت یک گیاه برای زنده ماندن و رشد است. گیاهان پس از این‌که در معرض تنش قرار می‌گیرند، از طریق سیگنال، با بیان ژن‌هایی در راستای مقاومت به تنش، پاسخ می‌دهند. به طور کلی گیاهان، طیف وسیعی از تنش‌های محیطی را که نهایتاً منجر به بروز تنش اکسیداتیو در گیاه می‌شود، درک می‌کنند. مکانیسم مقاومت در برخی از تنش‌ها به صورت یک ارتباط درونی و نتیجه یک برنامه‌ریزی هماهنگ و پیچیده است. در شرایط تنش عدم توازن بین فرآیند جذب انرژی و مصرف آن توسط اندام فتوسنتزی موجب تولید انواع اکسیژن فعال[1] (ROS) و ناتوانی گیاه در مهار آن می‌گردد که در نهایت منجر به بروز تنش در غشاء سلول و بروز علائم ناشی از صدمات اکسیداتیو می‌شود (بلوخینا و همکاران، ۲۰۰۳).

الکترون‌های تراوش‌شده از زنجیره انتقال الکترونی می‌توانند با اکسیژن مولکولی واکنش نشان داده و تولید انواع اکسیژن فعال نمایند. اگر چه تعداد این رادیکال‌ها زیاد است و با داشتن طول عمر بسیار کوتاه (در حد کسری از ثانیه) مرتب به یکدیگر تبدیل می‌شوند ولی نقش بسیار مهمی در تنظیم فرآیندهای مهم سلولی و به ویژه کنترل بیان ژن‌ها ایفا می‌نمایند. از جمله مهم‌ترین این رادیکال‌ها می‌توان به اکسیژن آزاد اتمی، سوپراکسید، پراکسید هیدروژن H_2O_2 و یون هیدروکسیل اشاره نمود. در این بین پراکسید هیدروژن اهمیت بیشتری دارد. این انواع اکسیژن برای سلول بسیار واکنش‌گر و سمی هستند و در غیاب یک مکانیسم حفاظتی قوی ایجاد می‌شوند و به متابولیسم عادی لیپیدها، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک صدمه می‌زنند. به ویژه سبب پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء می‌شود. رادیکال‌های اکسیژنی در غلظت‌های بالا توانایی تخریب مولکول‌های حیاتی

[1] Reactive Oxygen Speacies

سلول مانند DNA، پروتئین و غشای لیپیدی را دارند (ژانگ و همکاران، ۲۰۰۹؛ ممتازخان و همکاران، ۲۰۰۲). رادیکال‌های آزاد می‌توانند به ساختار پروتئین‌ها آسیب زده و کاهش محتوای پروتئین‌ها را در پی داشته باشد (ناکتار و فایر، ۱۹۹۸). محتوای پروتئین به میزان اختلاف بین سنتز و تجزیه آن بستگی دارد. پژوهشگران متعددی کاهش مقدار پروتئین و افزایش نیترات، آمونیوم و اسیدهای‌آمینه آزاد را تحت شرایط تنش گزارش گرده‌اند. انواع اکسیژن فعال در سلول‌های زنده طی متابولیسم نرمال تولید می‌شوند، ولی معمولاً سطوح طبیعی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت برای پاک‌سازی رادیکال‌های آزاد کافی است و آنها را به متابولیت‌های بی‌ضرر تبدیل می‌کنند. اگر چه پراکسیدهیدروژن در غلظت‌های بالا سمی است و به وسیلهٔ آنزیم کاتالاز و آسکوربات پراکسیداز چرخهٔ آنتی‌اکسیدانی آسکوربات گلوتاتیون از بین می‌رود ولی در غلظت‌های پائین می‌تواند به عنوان فاکتورهای حدواسط در فرآیند انتقال پیام‌های ژنتیکی که نهایتاً منجر به بیان نسبی ژن‌ها می‌گردد، شرکت نمایند (آلمزلمانی و همکاران، ۲۰۰۶). در طول دوره تنش، متابولیسم فیزیولوژیکی تولید انواع اکسیژن فعال، افزایش می‌یابد تا حدی که صدمات حاصل از آنها توسط آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت قابل جلوگیری نمی‌باشد که نتیجه آن کاهش سرعت رشد است. افزایش میزان رادیکال‌های فعال اکسیژن در گیاه موجب می‌شود که برای کاهش اثرات سمی تنش اکسیداتیو ناشی از تنش، مکانیسم‌های متنوعی در گیاه فعال شود. در این شرایط میزان آنتی‌اکسیدان‌ها افزایش یافته و آنزیم های مهار کننده ROSها در جهت کاهش اثرات سمی ناشی از تنش اکسیداتیو حاصل از تنش، افزایش می‌یابند. در زمان تنش برای حفظ رطوبت موجود در گیاه روزنه‌ها بسته می‌شوند این موضوع ضمن کاهش تبادل گازی در برگ‌ها منجر به ایجاد H_2O_2 و سایر رادیکال‌های فعال اکسیژن در بافت‌ها می‌گردد (لونا و همکاران، ۲۰۰۴). مطالعات متعددی همبستگی مثبت بین فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت و افزایش تنش را نشان می‌دهند و مشخص شده است فعالیت بالای پراکسیدازی، با کاهش رشد همبستگی مثبت دارد. سیستم آنتی‌اکسیدانت گیاه با ظهور H_2O_2 فعال می‌شود و نقش مهمی در ایجاد مقاومت در برابر شوری دارد (کاوالکنتی، ۲۰۰۶). اگر تعادل بین تولید ROS و

سیستم دفاعی آنتی‌اکسیدانی کاهش یابد، تنش اکسیداتیو ایجاد شده منجر به تضعیف غشاهای سلول و سایر اندامک‌ها می‌گردد (ژانگ و همکاران، ۲۰۰۹).

۲-۵- اثر تنش کم آبی بر گیاهان زراعی

۲-۵-۱- سطح برگ و کلروفیل

آب کنترل کننده سطح برگ و مورفولوژی آن است. این اندام اغلب مؤثرترین ابزار بر تولید گیاه و نهایتاً بر عملکرد آن به هنگام بروز تنش کم‌آبی می‌باشد. قدرت منبع در تولید مواد فتوسنتزی به مساحت برگ و میزان فتوسنتز در واحد سطح برگ بستگی دارد (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۶). تغییر سطح برگ فرآیند مهمی است که محصولات زراعی تحت تنش از طریق آن کنترل خود را بر استفاده از آب حفظ می‌کنند (بلوم، ۱۹۹۶). مهم‌ترین منبع تأمین کننده کربوهیدرات ذخیره‌ای در گیاهان فتوسنتز می‌باشد، ولی در شرایط تنش ممکن است این منبع با محدودیت مواجه شود، مقدار توزیع مجدد تحت تأثیر روابط منبع- مخزن که خود از طریق سیستم هورمونی گیاه کنترل می‌شود، افزایش می‌یابد و سهم توزیع مجدد در جبران کاهش وزن دانه ناشی از نقصان فتوسنتز جاری گیاه بیشتر می‌شود (بیدینگر و همکاران ۱۹۹۷).

کمبود آب سبب آسیب به رنگدانه‌ها و پلاستیدها، کاهش کلروفیل، کاروتنوئیدها و کاهش ضخامت غشاء در تیلاکوئیدها می‌شود. دهیدراته شدن برگ نه تنها مانع ساختن کلروفیل می‌شود بلکه به نظر می‌رسد تخریب کلروفیل موجود در برگ را نیز موجب می‌گردد. مثال بارز این اثر قهوه‌ای شدن علف‌ها طی دوره‌های تنش خشکی می‌باشد (بیدینگر و همکاران ۱۹۹۷).

در اثر تنش کم‌آبی سطح برگ کاهش می‌یابد. این کاهش یا در اثر کاهش اندازه‌ی برگ و یا در نتیجه کاهش تعداد برگ در اثر کاهش مقدار فتوسنتز رخ می‌دهد. اندازه برگ بستگی به تعداد سلول‌ها (تقسیم سلولی) و اندازه‌ی سلول‌های برگ دارد. مراحل اولیه تشکیل بخش هوایی و برگ‌ها تحت کنترل تقسیم سلولی است و نسبتاً غیر حساس به خشکی و شوری می‌باشد، ولی گسترش سطح

برگ به خشکی و شوری حساس است (عباسی، ۱۳۸۶). نتایج تحقیقات نشان داده است که ارقام مقاوم گندم در مقایسه با ارقام حساس دارای رشد بهتر، سطح برگ و تعداد برگ سبز بیشتری هستند. برخی محققین کاهش سطح برگ را به عنوان یک مکانیزم سازگاری در جهت کم کردن میزان تعرق معرفی نموده‌اند (عباسی، ۱۳۸۶؛ باسرا و باسرا، ۱۹۹۷). در هنگام بروز تنش خشکی، گیاه از طریق بستن روزنه‌ها، کنترل هدایت روزنه‌ای و یا کنترل سطح برگ تعرق خود را تنظیم می‌کند. یانگ و همکاران (۲۰۰۴)، گزارش کردند که میزان رشد سطح برگ در پاسخ به تنش آب کاهش می‌یابد تا از این طریق اثر تنش تعدیل شود. همچنین کمبود آب ضمن کاهش سطح برگ، پیری برگ را تسریع می‌کند و بدین صورت میزان تولید خیلی بیشتر از آنچه که ناشی از کمبود آب است، تقلیل می‌یابد (یانگ و همکاران، ۲۰۰۴). دانشیان و جنوبی (۱۳۸۱) گزارش کردند که تنش خشکی میزان کلروفیل برگ را کاهش می‌دهد و کاهش کلروفیل در شرایط تنش رطوبتی یک عامل محدودکننده‌ی غیرروزنه‌ای است. ایشان اظهار داشتند که در شرایط تنش خشکی آنزیم‌های کلروفیلاز و پراکسیداز عوامل مؤثر در کاهش کلروفیل هستند. همچنین کاهش سبزینگی برگ در چنین شرایطی می‌تواند مرتبط با کاهش جریان نیتروژن به بافت‌ها و فعالیت ردوکتاز باشد (هابر و همکاران، ۱۹۹۸). گیاهانی که در محیط تنش‌زا زندگی می‌کنند، در معرض آسیب‌های اکسیداتیو نیز قرار می‌گیرند. در شرایط تنش، آنزیم پراکسیداز در کاهش کلروفیل نقش دارد. در مطالعه‌ی اینز و مونتاگو (۲۰۰۲)، کاهش کلروفیل با افزایش غلظت H_2O_2 مشاهده شد. افزایش یا کاهش در میزان کلروفیل در شرایط تنش در ارقام حساس، نشان از بی‌ثباتی آن در شرایط تنش می‌باشد و ارقام مقاوم، از نظر کلروفیل ثبات و پایداری بیشتری نسبت به ارقام حساس دارند (مودان، ۲۰۰۰). تنش آب سطح برگ، فتوسنتز و مصرف مواد فتوسنتزی ر ا در برگ‌ها کاهش می‌دهد، زیرا انتقال شیره پرورده از آوند آبکش وابسته به پتانسیل فشاری است. اگر در طی تنش پتانسیل آب در آوند آبکش کاهش یابد، کاهش در پتانسیل آماس نیز از انتقال مواد فتوسنتزی جلوگیری می‌کند (امام و زواره‌ای، ۲۰۰۶). واکنش به تنش خشکی بسته به اینکه در کدامیک از مراحل نمو رخ دهد متفاوت است. کومار و همکاران (۱۹۹۶) با

مطالعه اثر آبیاری بر رشد و عملکرد کنجد گزارش کردند که آبیاری در ۳۰ و ۶۰ روز بعد از کاشت، سطح برگ، تعداد کپسول در بوته، وزن هزار دانه و عملکرد روغن را افزایش می‌دهد.

۲-۵-۲- ریشه

مهم‌ترین بازتابی که در اثر بروز تنش خشکی برای گیاه رخ می‌دهد، نامتناسب بودن رشد ریشه و اندام‌هوایی است. این امر، بیشتر منجر به افزایش نسبت ریشه به اندام‌های هوایی می‌گردد. افزایش در این نسبت عمدتاً در نتیجه کاهش بیشتر در رشد اندام‌هوایی در شرایط تنش خشکی می‌باشد. اندام‌های هوایی نسبت به ریشه حساسیت بیشتری به تنش خشکی دارند و محدودیت نموی گیاه در اثر کمبود رطوبت خاک در قسمت‌های هوایی زودتر اتفاق می‌افتد (شارپ و لنوبل، ۲۰۰۲). تغییر سیستم کلی ریشه می‌تواند اثر مثبتی در تأمین آب و سازگاری گیاه با خشکی داشته باشد. البته باید در نظر داشت که سطوحی از تنش منجر به تقویت رشد ریشه می‌شود که فتوسنتز را به طور کامل متوقف نکند. در چنین تنش‌هایی، گیاه با محدود کردن توسعه برگ، مواد جذب شده قابل استفاده بیشتری را برای رشد ریشه به جا می‌گذارد. وقتی شدت تنش چنان باشد که فتوسنتز را متوقف کند، لزوماً رشد ریشه کاهش خواهد یافت (کرمی، ۱۳۷۷).

در شرایط تنش خشکی، سیستم ریشه، لایه‌های سطحی خاک را خشک می‌نماید. در نتیجه جذب آب به تدریج از قسمت‌های پایین‌تر پروفیل خاک صورت می‌گیرد. در این شرایط ریشه‌های نزدیک به سطح خاک می‌میرند لیکن با مرطوب شدن دوباره خاک، ریشه‌های جدیدتر به سرعت رشد می‌کنند و جذب آب دوباره شروع می‌شود، مواد غذایی در این قسمت از پروفیل خاک غیر قابل استفاده می‌گردد (علیمرادی و همکاران، ۱۳۷۷).

گیاه کنجد دارای ریشه‌های مستقیم، قوی و توسعه یافته است که شکل آن بسته به تیپ رشدی و همچنین میزان رطوبت در لایه‌های مختلف ریزوسفر متفاوت است (گلستانی و پاک‌نیت، ۲۰۰۸).

تنش خشکی زمانی ایجاد می‌شود که میزان جذب آب کمتر از میزان تعرق باشد و می‌تواند بر رشد، مورفولوژی، انشعاب‌دهی و روابط همزیستی ریشه تأثیر داشته باشد (گرگوری، ۲۰۰۶).

۲-۵-۳- ارتفاع

ارتفاع بوته در پاسخ به تنش کم‌آبی کاهش می‌یابد. مواد فتوسنتزی مازاد که به صورت قندهای مختلف در ساقه ذخیره می‌شوند در مراحل بعدی رشد به دانه انتقال می‌یابند (داونی ۱۹۸۳). در شرایط تنش احتمالا رقابت برای آب بین بوته‌ها شدید می‌شود لذا گیاه سهم بیشتری از مواد فتوسنتزی را به ریشه اختصاص می‌دهد در نتیجه مواد فتوسنتزی کمتری به بخش‌های هوایی از جمله ساقه رسیده که این امر موجب کاهش ارتفاع بوته می‌گردد (پاپووا و همکاران، ۱۹۹۷). تحقیقات نشان داده است که کاهش عرضه آب در جریان فتوسنتز، منجر به اختلال در پیشرفت واکنش های شیمیایی این فرآیند می‌شود. کاهش محتوی آب سلول‌ها سبب افزایش غلظت شیره سلولی می‌شود که فعالیت‌های آنزیمی و اندامک‌های درون سلولی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. با افزایش تنش آب و کاهش فشار تورژسانس سلول‌های محافظ روزنه، هدایت روزنه‌ها کاهش و سرعت رشد، فتوسنتز و خصوصیات مورفولوژیکی نیز نقصان می‌یابد. از آنجا که رشد گیاه با افزایش اندازه سلول‌ها همراه است و از جمله حساس‌ترین فرآیندهای گیاهی نسبت به تنش آب نیز محسوب می‌شود گردد (بلوم، ۲۰۰۵؛ کافی و دامغانی، ۲۰۰۰).

۲-۵-۴- عملکرد

اثر تنش آب بر عملکرد از طریق تأثیر بر هر یک از اجزای عملکرد می‌باشد، که این تأثیر عمدتاً به این بستگی دارد که چه مقدار از کل ماده خشک تولیدی به‌عنوان ماده قابل برداشت، می‌باشد. تأثیر تنش آب، به مرحله رشد گیاه در زمان وقوع تنش بستگی دارد و تأثیر آن بر عملکرد دانه، ممکن است به اندازه شدت تنش اهمیت داشته باشد (کوچکی و سرمدنیا، ۱۳۸۲).

بروز تنش کم‌آبی در مراحل اولیه رشد غلات می‌تواند بر تعداد پنجه‌ها مؤثر باشد که به‌طور مستقیم مرتبط با تعداد سنبله در واحد سطح می‌باشند (آلیاری و همکاران، ۱۳۷۹). در تعدادی از گیاهان مشاهده شده است که ماده خشک ذخیره شده در بذر یا دانه عمدتاً نتیجه فتوسنتز انجام شده بعد از گلدهی می‌باشد. بنابراین اثر تنش در زمان گل‌دهی بسیار زیان‌آور است (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۶۶). راهنما قهفرخی (۱۳۸۱)، گزارش کردند که تنش کم‌آبی در مرحله گلدهی و غلاف‌دهی سبب افزایش تعداد دانه در غلاف شده و در مرحله رسیدگی کاهش وزن دانه‌ها را به‌همراه داشته است. اثر تنش کم‌آبی بر اجزای عملکرد شاخه‌های فرعی نیز معنی‌دار بود، به‌طوری که در شاخه‌های فرعی، تعداد دانه و وزن دانه‌ها کاهش یافت. در اکثر گیاهان زراعی تنش کم‌آبی در دوره گرده‌افشانی به‌طور چشمگیری تعداد گل‌هایی که به دانه تبدیل می‌شوند را کاهش می‌دهد. تنش کمبود آب در خلال دوره رسیدگی دانه، معمولاً به کوچک شدن و چروکیدگی دانه منتهی می‌شود (کوچکی و سلطانی، ۱۳۷۷).

مطالعات انجام‌شده روی لوبیا نیز نشان داده است که تنش کم‌آبی در مرحله‌ی پر شدن دانه، بر عملکرد و اجزای عملکرد تأثیر منفی می‌گذارد. در بین اجزای عملکرد، وزن هزار دانه بیشترین حساسیت را به تنش کم‌آبی نشان داد. هنگامی که تنش در دوره گل‌دهی لوبیا اتفاق افتاد، منجر به کاهش عملکرد شد که علت آن کاهش تعداد غلاف و تعداد دانه در غلاف بیان شد. تنش خشکی در طول دوره پر شدن دانه میانگین وزن هزار دانه را نیز کاهش داد (بلوخینا و همکاران، ۲۰۰۳ ؛چاوز همکاران، ۲۰۰۳). همچنین دیپن‌بروک (۲۰۰۰) کاهش عملکرد دانه لوبیا (سیاه) را به کاهش تعداد غلاف در هر گیاه یا کاهش تعداد دانه در هر غلاف، نسبت دادند.

باسرا و باسرا (۱۹۹۷)، اظهار داشتند که تنش کمبود آب طی مراحل اولیه‌ی پر شدن دانه ذرت بیشترین تأثیر را روی عملکرد دانه داشت و علت آن را کاهش تعداد سلول‌های آندوسپرم و در نتیجه کاهش ظرفیت مخزن برای جمع کردن ماده خشک معرفی کردند. هانسون و روچ، (۲۰۰۱) اظهار داشتند که تنش کم‌آبی در مرحله‌ی پر شدن دانه موجب کاهش شاخص برداشت گندم شد که علت

آن کاهش بیشتر عملکرد دانه نسبت به عملکرد بیولوژیک بود. رائو و مندهام (۱۹۹۱)، بیان کرد که کاهش وزن دانه در اثر تنش می‌تواند ناشی از کاهش تأمین مواد پرورده برای دانه باشد البته کاهش سرعت انتقال مواد پرورده و طول دوره پرشدن دانه می‌تواند این کاهش را تشدید کند. تنش خشکی از طریق تأثیر بر اجزای عملکرد از جمله تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن هزار دانه و نیز تأمین مواد پرورده و سرعت انتقال آن بر تولید نهایی گیاه تأثیر می‌گذارد و منجر به کاهش عملکرد گیاه زراعی و خسارات اقتصادی قابل‌توجهی می‌شود.

۲-۵-۵- فتوسنتز و تنفس

در گیاهان نخستین آثار کمبود آب به‌صورت بسته‌شدن روزنه‌ها بروز می‌کند. از آن‌جایی که برای انجام عمل فتوسنتز تبادلات گازی ضروری است، بنابراین در اثر کمبود آب و بسته‌شدن روزنه‌ها تبادلات گازی کاهش یافته و در نتیجه CO_2 کمتری در دسترس گیاه قرار می‌گیرد و شدت فتوسنتز کاهش می‌یابد (پاکنژاد، ۲۰۰۹). تنش خشکی از طریق عوامل غیرروزنه‌ای نیز بر شدت فتوسنتز تأثیر می‌گذارد، به‌طوری‌که واکنش‌های بیوشیمیایی فتوسنتز و همچنین دستگاه فتوسنتزی به طور مستقیم تحت تأثیر کمبود آب آسیب می‌بیند و در نتیجه شدت فتوسنتز کاهش می‌یابد (لیانگ و همکاران، ۱۹۹۶). علاوه بر این در شرایط تنش خشکی سطح برگ نیز کاهش می‌یابد و این امر باعث کاهش فتوسنتز خالص می‌شود. تنش خشکی بر هدایت مزوفیلی نیز اثر نامطلوبی دارد که از عوامل غیرروزنه‌ای مؤثر بر شدت فتوسنتز است (لیانگ و همکاران، ۱۹۹۶).

با افزایش شدت تنش کم‌آبی فتوسنتز تا نقطه‌ی جبرانی کاهش می‌یابد (اسچندر و همکاران، ۱۹۹۳). کمبود آب می‌تواند به طور مستقیم از طریق تأثیر بر فرآیندهای مختلف بیوشیمیایی و به‌طور غیرمستقیم از طریق کاهش میزان جذب دی اکسید کربن در اثر انسداد روزنه‌ها بر فتوسنتز اثر بگذارد انتقال مواد فتوسنتزی نیز تحت تأثیر تنش آب قرار می‌گیرد و موجب اشباع برگ‌ها از این مواد می‌گردد که ممکن است فتوسنتز را محدود نماید (اسچندر و همکاران، ۱۹۹۳). در مطالعاتی که در

مورد اثر تنش کم‌آبی بر فتوسنتز گندم انجام گردید، مشاهده شد که از آغاز پژمردگی گیاه، شدت فتوسنتز به طور مستمر کاهش یافت (سارکار و سانیال، ۲۰۰۰)

تأثیر کاهش آماس روی تنفس عموماً عکس تأثیر آن روی فتوسنتز می‌باشد. شدت تنفس در ابتدای کاهش آب افزایش ولی با تشدید کمبود آب کاهش می‌یابد (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۶۶). همچنین مشخص شده است که میزان دی‌اکسید کربن خروجی در طول مراحل اولیه تنش آب و قبل از ایجاد تغییر قابل اندازه‌گیری در میزان آب ساقه، افزایش می‌یابد. تنش شدید میزان آب و تنفس ساقه‌ها را کاهش می‌دهد. کمبود آب علاوه بر موارد ذکر شده و ضمن ایجاد تغییرات آناتومیکی (نظیر کاهش اندازه سلول و ضخیم شدن دیواره سلول) بر واکنش‌های متابولیکی (مانند هیدرولیز از طریق تأثیر بر فعالیت آنزیم‌ها) و روابط هورمونی (تأثیر بر میزان سیتوکینین و اسید آبسیزیک) نیز تأثیر می‌گذارد (سرمدنیا، کوچکی ۱۳۶۶). کاهش فتوسنتز تحت تنش خشکی، نتیجه آسیب به واکنش‌های بیوشیمیایی است. فتوسیستم II حساس‌ترین بخش به فاکتورهای محدودکننده و تنش کم‌آبی است.

گزارش شده است که با افزایش فاصله آبیاری تولید ماده خشک در گیاه کنجد کم می‌شود که این تغییرات احتمالاً به علت کاهش اندازه سلول‌ها و فواصل سلولی، ضخیم شدن دیواره سلولی، نمو بیشتر بافت‌های مکانیکی و کاهش تعداد روزنه‌ها در واحد سطح است. به طوری که با شروع شرایط خشکی آماس سلولی به طور مستمر کاهش می‌یابد، که این امر منجر به بسته شدن روزنه‌ها، کاهش تعرق و کاهش ورود دی اکسید کربن به داخل روزنه‌ها می‌شود در نتیجه انتقال مواد فتوسنتزی، تحت تأثیر تنش خشکی کم شده و موجب اشباع شدن برگ‌ها از این مواد می‌شود، لذا فرآیند فتوسنتز محدود می‌گردد (کافی و دامغانی، ۲۰۰۲؛ ولف و همکاران، ۱۹۹۸).

۲-۵-۶- روغن دانه

اعمال تنش خشکی در مراحل مختلف فنولوژی گیاه کلزا اثرات متفاوتی در میزان روغن و پروتئین آن داشته است و گزارشات موجود حاکی از تفاوت پاسخ گیاه به خشکی در رابطه با تولید روغن در دانه است (جنسن و همکاران، ۱۹۹۶؛ فرود و همکاران، ۱۹۹۳). تنش کم‌آبی همانند دمای بالا، درصد روغن دانه را کاهش می‌دهد. بر اثر تنش کم‌آبی، مقدار فتوسنتز خالص به دلیل کاهش ورود CO_2 به واسطه‌ی بسته‌شدن روزنه‌ها و تأثیر مستقیم خشکی بر سیستم فتوسنتزی، کاهش می‌یابد در این شرایط، از میزان هیدرات‌های کربن (قندها) کاسته می‌شود. از طرفی، به دلیل تسریع در رسیدگی گیاه در شرایط تنش کم‌آبی، فرصت کافی جهت سنتز پروتئین‌ها و قندهای ذخیره شده دانه وجود نخواهد داشت. در این شرایط درصد روغن دانه کاهش خواهد یافت (آلیاری و همکاران، ۱۳۷۹). طی آزمایشی، در بررسی اثر تنش کم‌آبی بر ۲۱ رقم کلزا مشاهده شد که با افزایش مقدار آب و کاهش سرعت تنش، مقدار عملکرد دانه، درصد روغن دانه و مقدار عملکرد روغن دانه در شرایط مزرعه افزایش معنی‌داری می‌یابد (کجدی و پوکسای، ۱۹۹۳). داونی (۱۹۸۳)، گزارش کرد که تنش خشکی و دمای بالا سبب کاهش اسیدهای چرب اشباع نشده در روغن کلزا شد. در گزارش دیگری از رائو و مندهام (۱۹۹۱)، اثر آبیاری تکمیلی (که شاخصی از بهبود شرایط تنش خشکی است) بر افزایش مقدار روغن از ۴۶/۳ به ۴۸/۹ درصد و از ۴۷/۴ به ۵۱ درصد به‌ترتیب در گونه‌های *B. rapa* و *B. napus* نشان داده شد.

۲-۵-۷- پروتئین دانه

گزارش شده است که تنش خشکی در طول دوره رسیدگی موجب افزایش پروتئین دانه می‌شود. در اثر کمبود آب ممکن است عملکرد دانه کاهش یابد. اما اغلب مطالعات نشان داد که رابطه معکوسی بین قابلیت دسترسی رطوبت در طول دوره رسیدگی و مقدار پروتئین در گندم وجود دارد که در ذرت نیز چنین رابطه‌ای گزارش شده است (کوچکی و سلطانی، ۱۳۷۷). لورنس و گیبونز (۱۹۷۶)، گزارش کردند اگرچه تنش کم‌آبی موجب کاهش عملکرد ماده خشک و پروتئین در تک بوته می‌گردد، ولی

درصد پروتئین دانه تحت شرایط تیمار شدید خشکی افزایش می‌یابد. مدهان و همکاران (۲۰۰۰) مشاهده نمودند که مقدار پروتئین دانه در اثر تنش افزایش می‌یابد. در شرایط تنش خشکی مدت زمان ذخیره نشاسته در دانه کاهش می‌یابد. دلیل آن افزایش شدت تنفس و کاهش جذب مواد است. در نتیجه پروتئین افزایش پیدا می‌یابد (احمدی و بیکر، ۱۳۷۹).

اسماعیلیان (۱۳۷۰)، با بررسی اثر تنش خشکی بر کنجد به این نتیجه رسیدند که مقدار پروتئین دانه با اعمال تنش خشکی به‌خصوص در مرحله گل‌دهی به طور مؤثری افزایش می‌یابد. راسکین (۱۹۹۲)، با بررسی اثر تنش خشکی روی ذرت نیز مشاهده کردند که غلظت نیتروژن در تیمارهای تحت تنش خشکی نسبت به شاهد افزایش پیدا کرد. سنارتا و همکاران (۲۰۰۲)، اثر پنج سطح رطوبتی را بر لوپن سفید بررسی کردند و مشاهده نمودند در تیمارهایی که به طور کامل آبیاری شده‌اند میزان پروتئین دانه آنها ۲/۵ تا ۷/۵ درصد نسبت به تیمارهای دیگر کاهش یافت. راسکین (۱۹۹۲)، تأثیر تنش خشکی را بر خواص کمی و کیفی ذرت و سورگوم بررسی کرد و مشاهده نمود که تنش خشکی موجب افزایش معنی‌داری در درصد پروتئین دانه ذرت و سورگوم شد. وقوع تنش خشکی در طول دوره توسعه دانه لوبیا میزان نشاسته را کاهش داد ولی بر محتوی پروتئین محلول و آمینواسیدها نأثیری نگذاشت.

در آزمایش رامبرگ و همکاران (۲۰۰۲)، در یک دوره ۵ ساله اثرات تنش خشکی بر عملکرد، وزن دانه، میزان روغن و پروتئین دانه سویا بررسی شد. نتایج نشان داد که اگر تنش خشکی در طول دوره پرشدن غلاف اتفاق افتد، میزان پروتئین دانه بالا است ولی مقدار روغن در بذر تولید شده سویا ناچیز خواهد بود. بدراکر و همکاران (۱۹۹۴)، گزارش کردند که به‌علت کوچک بودن بذر نخود در گیاهانی که تحت تنش خشکی قرار گرفتند، میزان نیتروژن قابل دسترس برای انتقال به بذور کافی بود. نامبردگان بیان کردند که درصد پروتئین دانه نخود در شرایط دیم حدود ۱/۵۹ درصد بیشتر از شرایط آبیاری بود.

۲-۶- متانول

متانول الکلی است با ترکیب فرمولی CH_3OH که در گذشته تا به اکنون مصرف پزشکی داشته و به عنوان ضدعفونی‌کننده از آن استفاده می‌شده است. متانول ترکیبی تأثیرگذار در متابولیسم گیاهان از قبیل تنظیم سرعت متابولیکی مواد در گیاه، نسخه‌برداری ژن‌ها، افزایش فعالیت فتوسنتزی، تأخیر پیری در برگ، افزایش رشد و در نهایت کاهش تنفس نوری می‌باشد (داونی، ۱۹۸۳). گوت و همکاران (۲۰۰۰)، اظهار داشتند که این ترکیب غلظت کلروفیل، پروتئین و فعالیت آنزیم روبیسکو را افزایش می‌دهد. همچنین بین محتوای آب نسبی در گیاه و غلظت این ترکیبات همبستگی مثبتی وجود دارد که سبب می‌شود گیاه را در شرایط تنش یاری رساند. تئودورید و همکاران (۲۰۰۲)، اعلام کردند متانول محتویات درون سلولی و همچنین نسبت کلرفیل a به b را در سلول‌های گیاهی افزایش می‌دهد. متانول با کاهش سطح برگ و بیوماس گیاه در مرحله رشد رویشی تحمل گیاه را در شرایط تنش خشکی افزایش می‌دهد (لورتو و همکاران، ۱۹۹۲).

۲-۷- اثر متانول بر گیاهان زراعی

۲-۷-۱- سطح برگ

در اثر کاربرد متانول در کمربند پنبه‌ی امریکا محصول پنبه ۵۰ درصد افزایش یافت. سطح و قطر برگ‌های تیمارشده با متانول نیز افزایش یافت (احیایی و همکاران، ۱۳۸۹). هرناندز و همکاران (۲۰۰۰) نیز گزارش کردند که محلول‌پاشی متانول سبب افزایش طول ساقه، سطح برگ و وزن خشک ساقه در آفتابگردان شد. محلول‌پاشی متانول همچنین موجب تأخیر در پیری برگ‌ها از طریق اثر بر محرک‌های تولید اتیلن در گیاه می‌شود که این امر موجب افزایش دوره فعال فتوسنتزی و دوام سطح برگ می‌شود (هینز، ۱۹۸۰). این در حالی است که مخدوم و همکاران (۲۰۰۲) نیز افزایش شاخص سطح برگ را پس از محلول‌پاشی متانول در پنبه اعلام کردند. متانول باعث افزایش فشار آماس سلول در برگ‌ها می‌شود که به رشد و توسعه برگ نیز کمک می‌کند (زبیک و همکاران، ۲۰۰۳). این ماده

آلی می‌تواند از طریق اثر بر سرعت تولید اتیلن، پیری برگ‌ها را به تعویق اندازد (ساتلر و ثیمان، ۱۹۸۰).

۲-۷-۲- ارتفاع

میرآخوری و همکاران (۱۳۸۸)، گزارش کردند که محلول‌پاشی متانول روی سویا تأثیر معنی‌داری بر، ارتفاع گیاه، تعداد شاخه در بوته، وزن هزار دانه و غلاف خالی داشت ولی تأثیر آن روی شاخص برداشت معنی‌دار نبود. راو و همکاران (۱۹۹۴) گزارش کردند که محلول‌پاشی متانول در غلظت‌های مختلف ۱۰ تا ۵۰ درصد حجمی سبب افزایش ارتفاع بوته در گل رز شده است. همچنین در مطالعه‌ای دیگر اثر متانول بر رشد و عملکرد بادام زمینی، با یک تیمار شاهد (بدون مصرف متانول) و غلظت‌های متانول۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۶۰ درصد حجمی بررسی شد. نتایج این تحقیق نشان داد که بین غلظت‌های مختلف متانول بر ارتفاع بوته تفاوت معنی‌داری وجود دارد. در این مطالعه متانول با غلظت۲۰ درصد حجمی باعث افزایش سرعت رشد گیاه و ارتفاع بوته شد (صفرزاده ویشگاهی، ۲۰۰۸). احتمالاً دلیل افزایش ارتفاع بوته در غلظت بالای متانول (۲۵ درصد) افزایش کربن در دسترس برای گیاه بوده است. متانول در مقایسه با CO_2 ملکول نسبتاً کوچکتری است و به راحتی توسط گیاه جذب می‌شود (گوت، ۲۰۰۰). به این ترتیب افزایش کربن موجب افزایش فتوسنتز و در نتیجه افزایش ارتفاع گیاه خواهد شد. همچنین به نظر می‌رسد محلول‌پاشی متانول با افزایش تولید سیتوکنین و افزایش تقسیم سلولی، تحریک رشد و افزایش ارتفاع در گیاهان تیمار شده را موجب شده باشد.

۲-۷-۳- عملکرد

محلول‌پاشی متانول عملکرد سویا را با افزایش ظرفیت فتوسنتزی در مرحله‌ی زایشی گیاه افزایش می‌دهد که ناشی از افزایش در مقدار CO_2 است (میرآخوری و همکاران، ۱۳۸۸). بررسی‌های

اخیر نشان داد که عملکرد و رشد گیاهان C_3 به‌واسطه‌ی محلول‌پاشی متانول افزایش می‌یابد، که متانول ممکن است در این گیاهان به‌عنوان منبع کربن عمل کند (هانسون و روچ،۲۰۰۱؛ مخدوم وهمکاران، ۲۰۰۲). در اوایل دهه‌ی ۱۹۹۰ میلادی گزارش شده است 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 (احیایی و همکاران، ۱۳۸۹).

۲-۷-۴- فتوسنتز و تنفس

متانول اثرات مثبت فراوانی روی فتوسنتز نشان داده است (لی و یی، ۲۰۰۴). هرچند توافق بر سر اثرات متانول روی گیاهان هنوز بسیار بحث‌انگیز است چراکه نظرات مخالف درباره‌ی اثرات آن روی فتوسنتز و بیوماس زیاد است (یووجین و همکاران، ۲۰۰۸). عموماً نقش اصلی این ماده جلوگیری از اثرات منفی تنش‌ها روی گیاهان از طریق کاهش تنفس نوری است (میرآخوری و همکاران، ۱۳۸۸). گزارش شده است که متانول می‌تواند روی جذب CO_2 تأثیر بگذارد. تنفس نوری با محلول‌پاشی متانول کاهش می‌یابد، و به این ترتیب ۲۵ درصد از هدررفت کربن در طول تنفس نوری نیز کاهش می‌یابد (صفرزاده ویشگاهی، ۲۰۰۵). زیرا متانول پس از جذب‌شدن توسط گیاه به سرعت در بافت گیاه به CO_2 تبدیل می‌شود (میرآخوری و همکاران، ۱۳۸۸). بررسی‌ها نشان داده است که تولید و فعالیت فتوسنتزی گیاهان پست در غلظت پایین متانول افزایش می‌یابد (تئودورید و همکاران، ۲۰۰۲). همچنین نتایج مشابه در گیاهان آلی در اثر محلول‌پاشی با متانول ۱۰ تا ۵۰ درصد به‌دست آمد (لی و یی، ۲۰۰۰). محلول‌پاشی متانول ۱۰ تا ۵۰ درصد رشد و عملکرد گیاه را به‌واسطه‌ی کاهش سرعت تنفس نوری و افزایش تورژسانس سلولی افزایش داده است. همچنین محلول‌پاشی متانول پیری برگ را به واسطه‌ی تأثیر روی اتیلن به تأخیر می‌اندازد و می‌تواند دوره‌ی فعالیت فتوسنتزی را طولانی کند، لازم به ذکر است که چند ساعت تاریکی پس از محلول‌پاشی متانول برای جذب بهتر لازم است (میرآخوری و همکاران، ۱۳۸۸). نخستین گام در به‌دست آوردن عملکرد بالا در واحد سطح،

تولید بالای ماده‌ی خشک است چرا که تقریباً ۹۰ درصد وزن خشک گیاه نتیجه‌ی جذب CO_2 در فرآیند فتوسنتز است. محلول‌پاشی متانول یکی از روش‌های افزایش تثبیت CO_2 در گیاه در واحد سطح است. بر طبق گزارش رودریگزآندرس و همکاران (۱۹۹۰)، محلول‌پاشی متانول فعالیت فروکتوز بیس فسفاتاز را افزایش می‌دهد که یکی از آنزیم‌های مهم در کنترل فتوسنتز است.

۲-۸- نقش متانول در مقاومت به تنش

در تحقیقات اخیر کاربرد متانول به‌عنوان یک منبع کربن برای گیاهان زراعی رواج پیدا کرده است (احیایی و همکاران، ۱۳۸۹). گیاهان می‌توانند متانول محلول‌پاشی شده روی برگ‌ها را به‌راحتی جذب کرده و آن را به‌عنوان منبع کربنی اضافه بر کربن اتمسفر مورد استفاده قرار دهند (گوت، ۲۰۰۰). متانول در مقایسه با CO_2 مولکول نسبتاً کوچکتری است که به راحتی توسط گیاهان، جذب شده و مورد استفاده قرار می گیرد (داونی و همکاران، ۲۰۰۴). به‌علت تفاوت در ساختمان درونی برگ و غنی‌سازی CO_2 در سلول‌های مزوفیل گیاهان C_4، عملکرد این گیاهان کمتر تحت تأثیر محلول‌پاشی با متانول قرار می‌گیرد (میرآخوری و همکاران، ۱۳۸۸). گزارش شده است که محلول‌پاشی متانول در برخی از گیاهان C_3 موجب افزایش سرعت رشد، شاخص برداشت و محصول گیاهان زراعی فاریاب در مناطق خشک می‌شود (احیایی و همکاران، ۱۳۸۹).

افزایش غلظت CO_2 می‌تواند اثر ناشی از تنش خشکی را خنثی کند، بنابراین به‌کار بردن موادی که بتواند سبب افزایش غلظت CO_2 گردد موجب تثبیت عملکرد در شرایط خشکی می‌شود. یکی از راه‌کارهای افزایش غلظت CO_2 در گیاهان استفاده از ترکیباتی نظیر متانول، اتانول، پروپانول، بوتانول و آمینواسیدها مانند، گلیسین، گلوتامات و آسپارتات است (میرآخوری و همکاران، ۱۳۸۸). در این بین متانول به علت این‌که ساده‌ترین فرآورده‌ی گیاهی است که خود در گیاه طی فرآیندهایی تولید می‌شود کاملاً برای گیاه شناخته شده است. این ترکیب فرار آلی پس از تولید در گیاه یا از طریق روزنه از برگ خارج می‌شود و یا توسط بافت‌های گیاهی متابولیزه می‌شود و به‌صورت CO_2 در اختیار

گیاه قرار می‌گیرد. مهم‌ترین فایده‌ی متانول جلوگیری و کاهش اثر تنش‌های القاءشده به گیاهان زراعی در اثر انجام تنفس نوری در آن‌هاست. در شرایط تنش خشکی به‌علت بسته‌بودن روزنه‌ها مقدار تعرق کاهش می‌یابد و ورود CO_2 نیز کاهش می‌یابد (حافظ، ۱۹۸۳). زیبک و همکاران (۲۰۰۳)، علت کاهش تنفس نوری را در گیاهان تیمار شده با متانول، اکسیداسیون سریع متانول به CO_2 و ترکیب‌شدن آن با ریبولوز ۱-۵ بی فسفات و کم شدن رقابت اکسیژن می‌دانند. منبع اصلی تولید متانول در گیاه دی‌متیلاسیون پکتین سلولی است. متانول محلول‌پاشی شده روی گیاهان به‌سرعت وارد بافت‌های گیاهی شده و به‌دنبال تأثیر روی متابولیسم کربن در ترکیب اسید آمینه‌ی سرین می‌تواند یافت شود (گوت،۲۰۰۰). افزایش غلظت متانول در بافت‌های گیاهی روی کارآیی تثبیت کربن تأثیر مثبتی دارد و از طریق تنظیم ژن پکتین متیل استراز موجب توسعه و بزرگی برگ می‌شود (رامیرز و همکاران، ۲۰۰۶).

کاربرد متانول محلول‌پاشی شده همانند متانول طبیعی که در برگ‌ها بر اثر فعالیت آنزیمی پکتین متیل استراز در فرآیند گسترش دیواره‌ی سلولی ایجاد می‌شود، می‌تواند موجب افزایش تولید سیتوکینین و تحریک رشد گیاه شود (احیایی و همکاران، ۱۳۸۹). نوعی باکتری همزیست (متیلوتروف) روی برگ‌های گیاهان زندگی می‌کند که محلول‌پاشی متانول به طور غیرمستقیم موجب تحریک آن می‌شود (ایوانونا و همکاران، ۲۰۰۱). این باکتری متانول خارج شده از برگ‌های گیاهان را دریافت می‌کند و در عوض هورمون‌هایی از قبیل اکسین و سیتوکینین تولید می‌کنند که در رشد و توسعه‌ی برگ‌های گیاه دخالت دارند (میرآخوری و همکاران، ۱۳۸۸). همچنین این باکتری‌ها در متابولیسم نیتروژن در گیاهان از طریق تولید اوره باکتریایی شرکت دارند (ایوانونا و همکاران، ۲۰۰۱). مادهایان و همکاران (۲۰۰۶)، در بررسی‌های خود دریافتند کاربرد متانول موجب افزایش محتوی سیتوکینین در گیاهان پنبه و نیشکر شد. سیتوکینین تولید شده توسط باکتری‌های متیلوتروف، بیشتر از مقدار سیتوکینینی بود که توسط خود گیاه تولید شد. پلی‌گالاکترونیک که در نتیجه‌ی گسترش دیواره‌ی سلولی گیاه تولید می‌شود، به‌وسیله‌ی فعالیت آنزیمی پکتین متیل استراز، به متانول

و گالاکتونیک اسید تجزیه می‌شود (احیایی و همکاران، ۱۳۸۹). مادهایان و همکاران (۲۰۰۶)، نیز نشان دادند که متانول می‌تواند با فعالیت آنزیم پکتین متیل استراز مرتبط باشد. مطالعات گذشته نشان داده است که دمتیله شدن پکتین توسط آنزیم پکتین متیل استراز موجب آزادشدن متانول از دیواره‌ی سلول‌های گیاهی می‌شود.

محلول‌پاشی متانول روی بادام زمینی نشان داد که محلول‌پاشی با غلظت ۲۰ درصد حجمی متانول سبب افزایش شاخص سطح برگ، سرعت رشد گیاه، سر عت رشد غلاف، راندمان مصرف تشعشع، افزایش عملکرد غلاف و دانه، افزایش وزن هزار دانه، افزایش تعداد غلاف رسیده و مقدار پروتئین دانه شده است (صفر زاده ویشگاهی و همکاران، ۲۰۰۵). طبق گزارشات نانومورا و بنسون (۱۹۹۲) محلول‌پاشی۱۰ تا ۵۰ درصد متانول سبب افزایش عملکرد و رشد در گیاه می‌شود. این دو محقق علت این افزایش عملکرد را به کاهش میزان تنفس نوری و همچنین افزایش مقدار آماس سلولی بافت گیاهی مربوط دانستند. همچنین محلول پاشی با غلظت ۳۰ درصد باعث افزایش ۱۲ تا ۳۰ درصدی میزان عملکرد در لوبیا، کلزا و چغندرقند نسبت به شاهد شده است (زبیک و همکاران، ۲۰۰۳). طبق گزارشات ایوانوا و همکاران (۲۰۰۰) محلول‌پاشی متانول موجب افزایش فعالیت آنزیم نیترات ردوکتاز به میزان ۵۰ درصد در گوجه فرنگی و چغندرقند شده است. محلول‌پاشی متانول همچنین سبب تأخیر پیری در برگ‌ها از طریق تأثیر بر اتیلن می‌شود که این امر می‌تواند سبب طولانی شدن دوره‌ی فعال فتوسنتزی گیاه شود (هینز، ۱۹۸۰). همچنین محلول‌پاشی متانول سبب افزایش ۱۶ تا ۲۲ درصدی عملکرد در سویا می‌شود که علت این افزایش عملکرد، افزایش ظرفیت فتوسنتزی گیاه در مرحله‌ی رشد زایشی با افزایش مقدار دی اکسید کربن است (گای، ۱۹۸۰).

۲-۹- اسید سالیسیلیک

یونانیان قدیم و آمریکایی‌ها دریافتند که برگ‌ها و پوست درختان بید تب و درد جزئی را از بین می‌برند. در سال ۱۸۲۱، یوهان بوخنر آلمانی، اولین کسی بود که مقادیر مشخصی از سالیسیلین را جدا ساخت. این ماده شامل مقداری الکل گلیکوزید سالیسیل و سالیسیلات غالب در پوست بود. شخصی به نام رافائل پیریا این ترکیب فعال موجود در پوست بید را اسید سالیسیلیک نامید که از اسم لاتین Salix به معنی بید گرفته شده است. تولید تجاری این ماده در سال ۱۸۷۴ در آلمان آغاز شد و برای تولید تجارت دارو در آلمان به کار می‌رفت (هایات و همکاران، ۲۰۱۰). این ماده در حالت آزاد به صورت پودر کریستاله سفید رنگ وجود دارد که سوزش‌آور است. فرمول مولکولی این ماده $C_7H_6O_3$ می‌باشد.

اسید سالیسیلیک یا اورتو هیدروکسی بنزوئیک اسید، ترکیبی مربوط به یک گروه از ترکیبات فنلی می‌باشد که به صورت درونی توسط سلول‌های ریشه و میکرو اورگانیسم‌های مختلف تولید می‌شود و به اشکال مختلف در سطح برگ و اطراف سلول‌های ریشه وجود دارد (الطیب، ۲۰۰۵). اسید سالیسیلیک (SA) ماده‌ای شبه هورمونی است که بر رشد و نمو گیاهان اثر می‌گذارد. این ماده نقش محوری در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی مختلف مثل رشد، تکامل گیاه، جذب یون، فتوسنتز و جوانه‌زنی ایفا می کند. اسید سالیسیلیک با اثر بر آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان مانند کاتالاز (نمیک و همکاران، ۱۹۹۵)، سوپر اکسید دیسموتاز (دت و همکاران، ۱۹۹۸)، پلی فنل اکسیداز (دت و همکاران، ۱۹۹۸)، پراکسیدازها (الطیب، ۲۰۰۵) و متابولیت‌هایی مانند آسکوربیک اسید (دت و همکاران، ۱۹۹۸ و اسلای مارکر و همکاران، ۲۰۰۲) و گلوتاتیون (دت و همکاران، ۱۹۹۸)، اثرات ناشی از تنش‌های خشکی (سنارانتا و همکاران، ۲۰۰۲)، گرما (دت و همکاران، ۱۹۹۸)، شوری (الطیب و همکاران، ۲۰۰۵)، فلزات سنگین (چادوری و همکاران، ۲۰۰۴ و پال و همکاران، ۲۰۰۲) و بیماری های گیاهی (دیویس، ۲۰۰۵) را کاهش می‌دهد. محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک بر گیاه زراعی روشی آسان، نسبتاً کم هزینه و با ریسک پایین است و به تازگی برای فائق آمدن بر مشکل کم آبی در زمین های

کشاورزی استفاده شده است. البته برخی محققین اقدام به محلول پاشی گلایسین بتائین نموده و برخی دیگر از ترکیب هر دوی آنها استفاده نموده اند.

به گزارش حسین (۲۰۰۸)، کاربرد خارجی محلول‌های سازگار می تواند موجب رشد موفق گیاهان زراعی با مصرف آب پایین شود. به نظر می‌رسد تیمار با اسید سالیسیلیک سیستم حفاظتی آنتی‌اکسیدانت را افزایش می‌دهد که به این ترتیب باعث القاء تحمل به تنش در گیاهان می شود (نمیک و همکاران، ۱۹۹۵).

در پژوهش انجام شده توسط مظاهری تیرانی و همکاران (۱۳۸۷)، تیمار توأم ppm ۵۰ اتیلن و ۰/۵ میلی‌مول اسید سالیسیلیک، مقدار کاروتنوئیدها را افزایش داد. کاروتنوئیدها قادرند انرژی زیاد طول موج‌های کوتاه را گرفته و اکسیژن یکتایی را به سه‌تایی تبدیل کنند و با گرفتن رادیکال‌های اکسیژن تولید شده نقش آنتی‌اکسیدانی خود را ایفا کنند (رجالا و همکاران، ۱۹۹۸). بررسی‌ها نشان داده است که اسید سالیسیلیک موجب جلوگیری از صدمه به اسیدهای چرب غیراشباع، کاهش نفوذپذیری غشا و حفاظت از غشای تیلاکوئیدی در زمان تنش شوری در گیاهچه‌های آرابیدوپسیس می‌شود. مظاهری تیرانی و همکاران (۱۳۸۷)، اظهار داشتند که اسید سالیسیلیک افزایش پراکسیداسیون لیپیدهای ناشی از اتیلن را کاهش می‌دهد. آن‌ها نتیجه گرفتند که اسید سالیسیلیک به نوعی با کاهش پراکسیداسیون لیپیدها از طریق اثر بر مکانیسم‌های دفاع آنزیمی و غیرآنزیمی، گیاه کلزا را در مقابل تنش اکسیداتیو محافظت می‌کند.

۲-۱۰- اثر اسید سالیسیلیک بر گیاهان زراعی

۲-۱۰-۱- سطح برگ

کاربرد اسید سالیسیلیک، استیل سالیسیلیک اسید یا سایر آنالوگ‌های اسید سالیسیلیک در ذرت و سویا سبب افزایش سطح برگ و ماده خشک آن‌ها گردید، ولی بر طویل‌شدن ریشه و میزان کلروفیل آن‌ها مؤثر نبود (خان و همکاران، ۲۰۰۳). اسید سالیسیلیک سبب افزایش سنتز کاروتنوئیدها و

زانتوفیل‌ها در گیاه شده است ولی سطح رنگیزه‌های کلروفیل را کاهش داد (موهارکار و همکاران، ۲۰۰۳). اسید سالیسیلیک همچنین در گیاه ذرت باعث افزایش میزان کلروفیل برگ و کارتنوئید گردید (خوداری، ۲۰۰۴).

۲-۱۰-۲- عملکرد

کاربرد اسید سالیسیلیک و سایر آنالوگ‌های اسید سالیسیلیک در ذرت و سویا باعث افزایش تعداد غلاف در بوته، وزن صد غلاف، وزن صد دانه و عملکرد هر بوته گردید (خان و همکاران، ۲۰۰۳). گزارش شده است که اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۸ میلی مولار سبب افزایش عملکرد در گندم و لوبیا چشم بلبلی شده است (باسو و همکاران، ۱۹۹۶). اسید سالیسیلیک معمولاً با اثر بر روی هورمون‌های آبسیزیک اسید (سنارانتا و همکاران، ۲۰۰۲) و اتیلن (ژانگ و همکاران، ۲۰۰۲) بسیاری از روندهای فیزیولوژیکی و رشد گیاه را تنظیم می‌کند، از جمله از طریق تجمع آبسیزیک اسید در گیاه، موجب خوگیری گیاهان نسبت به تنش‌های محیطی می‌شود (شاکیروا و ساهاباتدینوا، ۲۰۰۳)، که نتیجه آن جلوگیری از کاهش عملکرد است.

۲-۱۰-۳- فتوسنتز

غوطه‌ور کردن بذر در اسید سالیسیلیک موجب افزایش پیگمان‌ها در کلزا شد (گای و همکاران، ۲۰۰۲). اسید سالیسیلیک سنتز کاروتنوئیدها و زانتوفیل‌ها را فعال و سرعت فتوسنتز را افزایش می‌دهد (هایات و همکاران، ۲۰۱۰). کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک موجب افزایش سرعت فتوسنتز، غلظت دی اکسید کربن درونی، کارآیی مصرف آب، هدایت روزنه‌ای و نسبت تعرق در کلزا (فریدالدین و همکاران، ۲۰۰۳) و کاهش اثرات سمیت کادمیوم بر فتوسنتز برگ در ذرت شد (کرانتو و همکاران، ۲۰۰۸). در تحقیقی دیگر، محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک موجب افزایش کارایی مصرف آب، نسبت تعرق و غلظت

دی‌اکسید کربن در سویا شد (خان و همکاران، ۲۰۰۳). بالا بودن تأثیر اسیدسالیسیلیک بر ظرفیت فتوسنتزی را می‌توان به تأثیر آن بر فعالیت آنزیم روبیسکو و مقدار رنگیزه‌ها نسبت داد (پاکنژاد و همکاران، ۲۰۰۹).

۲-۱۱- نقش اسید سالیسیک در مقاومت به تنش

اسید سالیسیلیک یک فنول گیاهی است که امروزه از آن به‌عنوان یک هورمون تنظیم‌کننده‌ی درونی یاد می‌شود، چراکه نقش آن در مکانیسم دفاعی در برابر تنش‌های زنده و غیرزنده ثابت شده است (شهبا و همکاران، ۲۰۱۰؛ گانز و همکاران، ۲۰۰۷). همچنین موجب القاء تغییرات ویژه در آناتومی برگ و ساختمان کلروپلاست می‌شود. این ماده به‌عنوان یک نشان‌گر داخلی در سیستم دفاعی گیاه در برابر پاتوژن‌ها نیز شناخته شده است (هایات و همکاران، ۲۰۰۷). گزارش شده است که اسید سالیسیلیک می‌تواند مقاومت گیاهان را به تنش‌های مختلف غیر زنده شامل نور ماوراء بنفش، خشکی، شوری و دمای بالا بهبود بخشد (سناراتا و همکاران، ۲۰۰۳؛ کانگ و همکاران، ۲۰۰۳). همچنین اسید سالیسیلیک گیاهان را در برابر آسیب‌های فلزات سنگین محافظت می‌کند (کرانتو و همکاران، ۲۰۰۸).

اسید سالیسیلیک در گیاه به‌طور گسترده‌ای توزیع شده است و نقش مهمی در برابر عوامل و فعالیت‌های فیزیولوژیکی بازی می‌کند، همچنین یک نشانگر ملکولی قوی به‌ویژه در پاسخ به تنش‌های زنده و غیرزنده‌ی محیطی در گیاهان به شمار می‌رود. اسید سالیسیلیک هم‌چنین نقش فعالی در کنترل تعرق، بسته‌شدن روزنه‌ها، جوانه‌زدن بذرها، عملکرد میوه، گل‌دهی و تولید گرما (راسکین، ۱۹۹۲) و تحمل گرما (دات و همکاران، ۱۹۹۸) بازی می‌کند. اسید سالیسیک به‌طور طبیعی به مقدار بسیار پایین در گیاهان وجود دارد.

گزارش شده است که اسید سالیسیلیک توانست محافظت ساختمان دیواره‌ی سلولی گیاهچه‌ی موز تحت تنش سرما را بهبود بخشد (کانگ و همکاران، ۲۰۰۷). در مطالعه‌ای دیگر تیمار خارجی اسید سالیسیلیک نشت مواد را در برگ انگور تحت تنش گرما یا سرما کاهش داد. افزایش مقاومت به

شوری در گندم نیز با کاربرد اسید سالیسیلیک مشاهده شد (شیکیروا و ساهابوتینوا، ۲۰۰۳). محلول‌پاشی برگی اسید سالیسیلیک اثر زیان‌آور NaCl را در ذرت خنثی کرد و مقاومت به شوری را در دوره‌هایی از رشد به‌وسیله‌ی افزایش فعالیت فتوسنتزی بهبود بخشید (خودداری، ۲۰۰۴). گزارش شده است که کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک روی طیف وسیعی از فرآیندهای فیزیولوژیکی نظیر مقاومت به جوانه‌زنی در شرایط سرما در فلفل (کورکماز، ۲۰۰۵)، مقاومت به سرما در خیار (کانگ و سالتویت، ۲۰۰۲) و ذرت (جاندا وهمکاران، ۱۹۹۹)، مقاومت به شوری در جو (الطیب، ۲۰۰۵)، بهبود مقاومت به گرما در خردل (دات و همکاران، ۱۹۹۸)، کاهش تأثیر بازدارندگی خشکی روی گوجه‌فرنگی و حبوبات (سنارتا وهمکاران، ۲۰۰۳) و افزایش مقاوت به خاصیت سمی فلزات سنگین در جو (متوالی و همکاران، ۲۰۰۳) تأثیر دارد. اسید سالیسیلیک مقاومت به کم‌آبی را القاء می‌کند و اثرات خسارت فلزات سنگین مانند جیوه را کاهش می‌دهد (بزروکووا و همکاران، ۲۰۰۱). همچنین اسید سالیسیلیک از طریق اثر بر پلی‌آمین‌هایی مثل پوتریسین، اسپرمین و اسپرمیدین و همچنین ایجاد کمپلکس‌های پایدار با غشاء موجب محافظت از غشاء می‌شود (مظاهری‌تیرانی و منوچهری‌کلانتری، ۱۳۸۶). بیان شده است که اسید سالیسیلیک می‌تواند مقاوت به گرما یا سرمای طبیعی (ذاتی) را در انگور به‌وسیله‌ی حفظ فعالیت بالای آسکوربات پراکسیداز، گلوتاتیون ردوکتاز، منودهیدرواسکوربات و ردوکس تحریک کند (فویر و فلتچر ،۲۰۰۱).

اسید سالیسیلیک اثر فیزیولوژیکی مستقیمی روی تغییر فعالیت‌های آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان دارد، که نقشی اساسی در بهبود مقاومت به تنش دارند (فویر و فلتچر، ۲۰۰۱). کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک مقاومت به گرما در خردل و ذرت را به‌وسیله‌ی افزایش کارایی اکسیدانت القاء می‌کند (جاندا و همکاران، ۱۹۹۹). اسید سالیسیلیک به دلیل داشتن گروه OH- هیدروکسیل آزاد روی حلقه ی بنزوئیک اسید قادر به شلاته کردن فلزات می باشد، بنابراین با شلاته کردن آهن موجود در آنزیم

ACC اکسیداز[1] موجب بلوکه کردن این آنزیم و در نهایت مهار بیوسنتز اتیلن می شود (راسکین، ۱۹۹۲). آبسزیک اسید در بسته‌شدن روزنه بسیار مؤثر است و انباشته شدن آن در برگ‌های تحت تنش، نقش مهمی در کاهش تلفات آب به وسیله تعرق در شرایط تنش ایفا می‌کند. از طرف دیگر قبل از هر گونه افزایش در میزان آبسزیک اسید برگ‌ها، دهانه روزنه‌ها کوچک می‌شوند. این ناهماهنگی آشکار، نشان می‌دهد بسته‌شدن اولیه روزنه به‌وسیله توزیع مجدد آبسزیک اسید درون برگ در واکنش به تغییرات pH کلروپلاست‌های مزوفیل تحت تنش صورت می‌گیرد. آبسزیک اسید رشد ریشه و ظهور ریشه‌های جانبی را تحریک می‌کند، در حالی‌که مانع از رشد برگ‌ها می‌شود. این اثرات متضاد آبسزیک اسید روی ریشه و برگ‌ها سبب کاهش سطح برگ و افزایش ناحیه جذب آب ریشه شده و باعث تحمل گیاه در برابر تنش می‌شود. اسید سالیسیلیک رشد و تقسیم سلولی را تنظیم می‌کند و در واقع بین رشد و پیری تعادل ایجاد می‌کند (پاپووا و همکاران، ۱۹۹۷).

[1] ۱-آمینو سیکلو پروپان ۱- کربوکسیلات اکسیداز

فصل سوم

مواد و روش‌ها

۳-۱- زمان و موقعیت محل اجرای آزمایش

آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده علوم زراعی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ اجرا گردید. شهرستان گرگان با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۴۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۳۰ دقیقه شرقی، در ارتفاع ۱۳ متر از سطح دریا قرار دارد. متوسط بارندگی منطقه ۶۰۰ تا ۷۰۰ میلی‌متر، دامنه نوسان دمای سالیانه ۱۰ درجه سانتی‌گراد و میانگین دمای سالیانه ۱۳ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. حداقل و حداکثر دمای این شهرستان در دی ماه به ترتیب ۴ و ۱۱ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. بعد از این ماه، بالاترین حداقل و حداکثر دما در تیر ماه به ترتیب ۲۲ و ۳۲ درجه سانتی‌گراد است. بیشترین میزان بارندگی در اسفند ماه با حدود ۸۰ میلی‌متر و کم‌ترین آن در تیر ماه با ۲۱ میلی‌متر اتفاق می‌افتد. بیشترین حجم بارندگی در این شهر در فصول پاییز و زمستان صورت می‌گیرد.

به منظور دست‌یافتن به مشخصه‌های خاک منطقه قبل از اجرای آزمایش از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری شد و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن در آزمایشگاه تعیین گردید (جدول ۳-۱). پس از آزمایش، بافت خاک از نوع لوم رس سیلتی تعیین شد. خاک‌های دارای بافت متوسط شامل لوم، لوم شنی ریز و لوم سیلتی با ساختمان خوب و باروری متوسط برای کنجد ایده‌آل به‌شمار می‌رود.

جدول ۳-۱- مشخصات نمونه خاک از عمق ۳۰-۰ سانتی متری محل اجرای آزمایش

مشخصه	مقدار
شن (درصد)	۱۸
سیلت (درصد)	۴۶
رس (درصد)	۳۶
پتاسیم قابل جذب (قسمت در میلیون)	۲۲۰
فسفر قابل جذب (قسمت در میلیون)	۱۰/۱
نیتروژن کل (درصد)	۰/۱۰
کربن آلی (درصد)	۱/۰۴
اسیدیته گل اشباع	۷/۶
هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	۱/۳

۳-۲- آماده سازی بستر

مزرعه مورد مطالعه در پاییز سال قبل شخم عمیق زده شد و انجام عملیات تهیه بستر تکمیلی در اواخر اردیبهشت به وسیله دیسک و ماله انجام گرفت. سپس نقشه طرح پیاده و کرت‌بندی انجام شد. کرت‌ها با توجه به نقشه طرح و انتساب تصادفی تیمارها مشخص شدند و طول و عرض آنها تعیین گردید. میزان کود پایه توصیه شده ۱۰۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل و ۱۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار بود که قبل از کاشت با خاک مخلوط گردید.

۳-۳- مشخصات طرح آزمایشی

آزمایش به صورت اسپلیت پلات فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل ۳ سطح محلول‌پاشی متانول صفر (b_1)، ۱۵(b_2) و ۲۵ (b_3) درصد حجمی و ۳ سطح محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک صفر (c_1)، ۰/۴(c_2) و ۰/۸(c_3)۰ میلی‌مولار و ۲ رژیم مختلف آبیاری مناسب منطقه (هر ۱۵ روز یک‌بار) (a_1) و کم‌آبیاری (هر ۲۵ روز یک‌بار) (a_2) بودند. سطوح رژیم آبیاری به عنوان فاکتور اصلی و سطوح متانول و اسید سالیسیلیک به صورت فاکتور فرعی در نظر گرفته شد (شکل ۳-۱). در هر کرت تعداد ۴ ردیف به طول ۵ متر و با فاصله بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۷ سانتی‌متر کاشته شد.

	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2
تکرار۱	b_1	b_1	b_1	b_2	b_2	b_2	b_3	b_3	b_3	b_1	b_1	b_2	b_3	b_3	b_2	b_3	b_1	b_2
	c_1	c_2	c_3	c_1	c_2	c_3	c_1	c_2	c_3	c_2	c_3	c_1	c_3	c_1	c_2	c_2	c_1	c_3
	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1
تکرار۲	b_2	b_1	b_3	b_2	b_1	b_1	b_3	b_3	b_2	b_1	b_3	b_2	b_1	b_3	b_3	b_2	b_3	b_2
	c_2	c_2	c_2	c_3	c_3	c_1	c_3	c_3	c_3	c_1	c_3	c_3	c_1	c_2	c_3	c_1	c_2	c_2
	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_1	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2	a_2
تکرار۳	b_3	b_3	b_2	b_3	b_1	b_1	b_3	b_2	b_1	b_3	b_1	b_1	b_1	b_2	b_2	b_3	b_2	b_3
	c_2	c_3	c_2	c_1	c_1	c_2	c_1	c_3	c_3	c_1	c_2	c_1	c_3	c_3	c_1	c_3	c_2	c_2

شکل ۳-۱- نقشه کاشت طرح مورد استفاده

۳-۴- کاشت بذر

در این تحقیق از بذر کنجد رقم ناز چند شاخه استفاده گردید که رقمی بومی در شهرستان گرگان است. قبل از کاشت در شرایط آزمایشگاهی و در ۲ نوبت درصد جوانه‌زنی بذرها اندازه‌گیری شد و سپس بذور پس از ضدعفونی با قارچ‌کش کربوکسی‌تیرام به نسبت ۲ در هزار کشت شدند. میزان ۳ درصد بذر بیشتر از میزان اندازه‌گیری شده در زمین استفاده شد تا عدم سبز شدن برخی از بذور به دلیل شکستگی، ناخالصی و یا شرایط نامساعد محیطی جبران شود.

عمق کاشت بذر ۳ سانتی‌متر از سطح خاک در نظر گرفته شد. کاشت به صورت جوی و پشته و به‌طور دستی در تاریخ ۱۳۸۹/۳/۳۱ انجام گرفت. از ۴ خط کاشت موجود در هر کرت، دو خط کناری به عنوان حاشیه و خطوط وسط برای اندازه‌گیری صفات استفاده گردید. در هر محل کاشت ۳ بذر کنجد قرار داده شد و در مرحله چهاربرگی برای فراهم شدن تراکم مورد نظر عملیات تنک صورت گرفت.

۳-۵- عملیات داشت

۳-۵-۱- مبارزه با علف های هرز

رشد گیاهچه کنجد در آغاز بطئی می‌باشد و نمی‌تواند با علف‌های هرز رقابت نماید. به همین جهت کاشت در زمین عاری از علف های ضرورت داشت. برای مبارزه با علف‌های هرز قبل از کاشت از ترفلان به میزان ۲/۵ لیتر در هکتار استفاده شد. از زمانی که ارتفاع بوته به بیش از ۱۰ سانتی‌متر می‌رسد، سرعت رشد کنجد زیاد می‌باشد و به قدرت رقابت آن با علف‌های هرز افزوده می‌شود. در این زمان مبارزه مکانیکی با علف‌های هرز موجود در بین ردیف‌های کاشت با استفاده از چنگک گردان صورت گرفت.

۳-۵-۲- آبیاری

اولین آبیاری قبل از کاشت انجام گرفت و کاشت به صورت هیرم‌کاری پس از گاورو شدن خاک صورت پذیرفت. در فصول خشک مشکل سبز شدن بذور از زیر زمین وجود دارد، بنابراین ۳ روز پس از آبیاری سله‌شکنی انجام گرفت تا بذور به راحتی سبز شوند. دومین آبیاری به فاصله ۷ روز بعد از کاشت و به طور سبک انجام گرفت و آبیاری‌های بعدی در کرت‌هایی که دارای تیمار آبیاری بودند هر ۱۵ روز یک‌بار و در کرت‌هایی که دارای تیمار کم‌آبیاری بودند هر ۲۵ روز یک‌بار صورت گرفت.

۳-۶- اعمال تیمارها

پس از استقرار کامل بوته‌ها اقدام به اعمال تیمار تنش کم‌آبیاری گردید. کاربرد متانول و اسید سالیسیلیک به صورت محلول‌پاشی روی برگ بود که طی ۳ مرحله انجام شد. اولین محلول پاشی یک ماه بعد از کاشت در تاریخ ۱۳۸۹/۴/۳۱ و تقریباً ۲ هفته بعد از اعمال رژیم آبیاری صورت گرفت. محلول‌پاشی دوم حدوداً ۱۲-۱۰ روز بعد از مرحله اول و محلول‌پاشی سوم حدوداً ۱۲-۱۰ روز بعد از مرحله دوم صورت گرفت. روش کار به این صورت بود که ابتدا متانول و ۲ روز بعد اسید سالیسیلیک محلول‌پاشی گردید. محلول‌پاشی در ابتدای صبح و در هوای صاف و ملایم انجام گردید. به منظور جذب بهتر برگی اسید سالیسیلیک، از تریتون X100 با غلظت ۰/۰۱ درصد به عنوان روکنشگر استفاده شد.

۳-۷- برداشت

در زمان برداشت پس از حذف اثر حاشیه‌ای تعداد ۱۰ بوته از خطوط وسط در تاریخ ۱۳۸۹/۷/۱۰برداشت گردید.

۳-۸- نمونه‌برداری جهت صفات زراعی و مرفولوژیکی

یک هفته بعد از محلول‌پاشی سوم (۶۰ روز پس از کاشت) اقدام به نمونه‌گیری و اندازه‌گیری صفات گردید. در کل دوره ۴ نوبت نمونه‌برداری با فواصل ۱۵ روز صورت گرفت. در هر نمونه‌برداری از هر کرت اقدام به جمع آوری ۴ بوته (با حذف اثر حاشیه) گردید.

۳-۹- اندازه‌گیری صفات زراعی

۳-۹-۱- وزن خشک برگ، ساقه و میوه

نمونه‌های منتقل شده به آزمایشگاه به سه بخش برگ، ساقه و میوه تفکیک شدند. اجزای تفکیک شده به طور مجزا در پاکت قرار داده شده و توسط دستگاه آون در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۹۶ ساعت خشک شدند. سپس با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ وزن شدند. مقادیر به دست آمده بر حسب گرم در متر مربع محاسبه گردید.

۳-۹-۲- طول ساقه و ارتفاع تا اولین گره میوه دهنده

میانگین طول ساقه و ارتفاع تا اولین گره میوه‌دهنده در ۴ بوته‌ی نمونه‌گیری شده بر حسب سانتی‌متر ثبت گردید.

۳-۹-۳- تعداد شاخه‌های میوه دهنده

تعداد شاخه‌های فرعی نیز در ۴ بوته انتخابی مورد شمارش قرار گرفته و میانگین‌گیری شدند.

۳-۹-۴- اندازه‌گیری شاخص سطح برگ

جهت اندازه‌گیری سطح برگ بوته‌های نمونه‌برداری شده پس از جداسازی برگ‌ها از دستگاه سطح‌برگ‌سنج Area Meter AM 300 (ADC Bioscientific Ltd) استفاده شد.

۳-۱۰- عملکرد و اجزای عملکرد

از هر کرت آزمایشی تعداد ۱۰ بوته با حذف اثر حاشیه و به منظور تعیین عملکرد نهایی برداشت گردید. مساحت اشغال شده توسط این ۱۰ بوته محاسبه و عملکرد نهایی بر حسب متر مربع برآورد گردید. اجزای عملکرد در یک گیاه زراعی مولفه‌های میزان تولید نهایی گیاه می‌باشند و در هر گیاه زراعی دارای اجزای خاص خود است. اجزای عملکرد در گیاه کنجد شامل تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول و وزن هزار دانه می‌باشند که در بوته‌های برداشت شده اندازه‌گیری شدند.

۳-۱۱- اندازه‌گیری صفات کیفی

۳-۱۱-۱- سنجش درصد و عملکرد روغن دانه

روغن موجود در دانه با استفاده از دستگاه سوکسله تعیین گردید. برای این منظور نمونه‌ها از قبل به مدت ۷۲ ساعت در آون با دمای ۷۸ سانتی‌گراد قرار گرفتند و سپس پودر شدند. مقدار ۳ گرم از هر نمونه در کاغذ صافی پیچیده شده و داخل اکسترکتور دستگاه قرار داده شد. بالن‌ها به مدت ۲ تا ۳ ساعت در دمای ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد داخل آون خشک شدند. سپس به دسیکاتور منتقل و پس از هم‌دما شدن با محیط توزین شدند و روی صفحه گرم کننده[1] دستگاه قرار گرفتند. داخل بالن‌ها با مقدار مشخصی پترولیوم اتر به عنوان حلال آلی پر شد. اکسترکتور روی دهانه بالن قرار گرفت و سپس مبرد روی اکسترکتور قرار داده شد. دستگاه با کلید اصلی روشن و دما برای همه نمونه‌ها روی ۶۰ درجه سانتی‌گراد تنظیم گردید. فرآیند استخراج ۸ ساعت به طول انجامید. پس از این مدت، دستگاه خاموش و حلال جمع شده در داخل اکسترکتور از طریق شیر مخصوص تخلیه خارج گردید. بالن‌ها به زیر هود منتقل شدند تا باقیمانده اتر از بین برود. آنها را به آون منتقل کرده و به مدت ۱ ساعت با دمای ۷۰ درجه و سپس به مدت ۱/۵ ساعت با دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داده

[1] Hot plate

شدند. بالن‌ها به دسیکاتور منتقل و بعد از سرد شدن توزین گردیدند. برای محاسبه درصد روغن در نمونه‌ها از رابطه ۳-۱ استفاده گردید.

رابطه (۳-۱) ۱۰۰ × وزن نمونه / (وزن اولیه بالن – وزن ثانویه بالن) = درصد روغن موجود در نمونه

برای محاسبه عملکرد روغن دانه از حاصلضرب عملکرد دانه در درصد روغن دانه استفاده گردید.

۳-۱۱-۲- سنجش درصد و عملکرد پروتئین دانه

مقدار نیتروژن موجود در دانه پس از برداشت به روش کجلدال[1] تعیین گردید. برای مرحله هضم کجلدال از اجاق هضم کننده 2040 Digester از شرکت Foss tecator و برای مراحل تقطیر و تیتراسیون از دستگاه تمام خودکار 2300 Kjeltec Analysis Unit از همان شرکت استفاده گردید. برای انجام عمل هضم مقدار ۱ گرم از نمونه بذر پودر شده را درون فلاسک‌های شیشه‌ای مخصوص کجلدال ریخته و یک عدد قرص کاتالیزور شامل ۱/۵ گرم سولفات پتاسیم و ۰/۱۵ گرم سولفات مس به هر فلاسک اضافه گردید. سپس به هر فلاسک ۲۰ میلی‌لیتر اسیدسولفوریک ۹۸ درصد افزوده شد و فلاسک‌ها درون اجاق مخصوص قرار داده شدند. دمای اجاق به آرامی و هر بار ۴۰ درجه سانتی‌گراد افزایش یافت تا به دمای ۳۸۰ درجه سانتی‌گراد رسید. این شیوه برای جلوگیری از جوشش و کف کردن مواد درون فلاسک‌ها بسیار موثر بود. پایان عمل هضم پس از ۲ تا ۲/۵ ساعت و با تبدیل محلول سیاهرنگ درون فلاسک‌ها به محلولی نسبتا زلال به رنگ سبز بسیار کمرنگ مشخص می‌شد. مقدار نیتروژن نمونه‌ها پس از سرد شدن در دمای آزمایشگاه توسط دستگاه کجلدال سنجیده شد. دستگاه دارای ۳ مخزن آب مقطر، سود سوزآور ۴۰ درصد و محلول دریافت کننده بود. محلول دریافت کننده از ترکیب ۱۰۰ میلی‌متر برومو کروزول سبز (۰/۱ گرم برومو کروزول سبز در ۱۰۰ میلی‌متر الکل)، ۷۰ میلی‌متر متیل قرمز (۰/۱ میلی‌گرم متیل قرمز در ۱۰۰ میلی‌متر الکل) و ۱۰ لیتر اسید بوریک ۱ درصد تشکیل شده بود.

[1] Kjeldahl

پس از قرارگیری فلاسک‌ها در دستگاه به ترتیب ۲ میلی‌لیتر آب مقطر و ۳۰ میلی‌لیتر سود سوزآور ۴۰ درصد به نمونه‌ها اضافه شده و با فشار بخار آب عمل تقطیر انجام گرفت. طی مرحله تقطیر نیتروژن موجود در نمونه به صورت گاز آمونیاک متصاعد شده و رنگ محلول حاوی نمونه به قهوه‌ای سوخته تبدیل می‌گردد. گاز امونیاک حاصل به ظرفی حاوی محلول دریافت کننده منتقل شده و به همراه اسیدبوریک، بورات آمونیوم را تشکیل می‌دهد که معرف‌های موجود در محلول دریافت کننده آن را به صورت رنگ سبز نمایان می‌سازد. عمل تیتراسیون نیز توسط دستگاه صورت گرفت. طی این عمل بورات آمونیوم حاصل در محلول دریافت کننده توسط مقدار کافی از محلول تیتریزول اسیدکلریدریک ۰/۱ نرمال و تا رسیدن به رنگ ارغوانی تیره تیتر شد. مقدار نیتروژن موجود در نمونه بر اساس مقدار اسیدکلریدریک مصرف شده در تیتراسیون توسط دستگاه مشخص گردید.

از رابطه ۳-۲ به منظور تبدیل مقدار اسیدکلریدریک ۰/۱ مولار مصرف شده در تیتراسیون به نیتروژن نمونه استفاده شد.

رابطه (۳-۲) درصد نیتروژن نمونه = (A × ۰/۱۴) / وزن نمونه (گرم)

در این رابطه A حجم اسیدکلریدریک ۰/۱ مولار مصرفی بر حسب میلی‌لیتر می‌باشد. برای تبدیل درصد نیتروژن به درصد پروتئین از رابطه ۳-۳ استفاده گردید.

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

ضریب تبدیل پروتئین برای کنجد ۶/۲۵ در نظر گرفته شد. برای محاسبه عملکرد پروتئین دانه از حاصلضرب عملکرد دانه در درصد پروتئین دانه استفاده گردید.

۳-۱۲- محاسبات آماری طرح

پس از جمع‌آوری داده‌ها، تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده به کمک نرم افزار SAS و MSTATC انجام شد و میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح ۵ درصد مورد مقایسه قرار گرفتند. از نرم افزار EXCEL نیز برای ترسیم شکل‌ها استفاده گردید.

فصل چهارم

نتایج و بحث

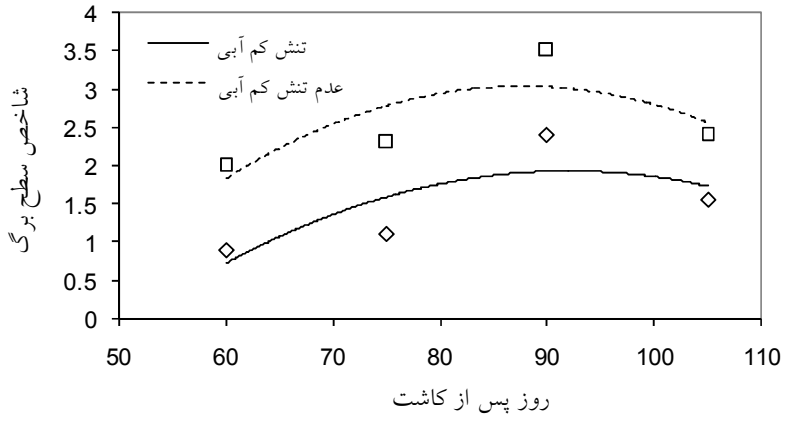
۴-۱- صفات زراعی و مورفولوژیک

۴-۱-۱- شاخص سطح برگ

تجزیه‌ی واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تنش کم‌آبی، متانول و اسید سالیسیلیک بر شاخص سطح برگ در تمامی مراحل معنی‌دار شد. در بین اثرات متقابل دو جانبه، اثر متقابل تنش × متانول، تنش × اسید سالیسیلیک و متانول×اسید سالیسیلیک معنی‌دار شد. اثر سه جانبه تنش × متانول × اسید سالیسیلیک درهیچ یک از مراحل معنی‌دار نگردید (جدول پیوست ۱).

نتایج نشان داد که شاخص سطح برگ در طول دوره رشد در هر دو شرایط تنش و عدم تنش تا ۹۰ روز پس از کاشت، از روند افزایشی برخوردار بود و بیشترین شاخص سطح برگ در این زمان در هر دو شرایط تنش و عدم تنش به ترتیب معادل ۲/۴ و ۳/۵ مشاهده گردید. پس از آن تا ۱۰۵ روز پس از کاشت، مقداری کاهش در شاخص سطح برگ مشاهده شد که احتمالاً به دلیل ریزش برگ در مراحل انتهایی رشد اتفاق افتاده است. شاخص سطح برگ در تمامی مراحل در شرایط عدم تنش بیشتر از شرایط تنش بود (شکل ۴-۱). مشابه با این نتایج گزارش شده است که در اثر تنش کم‌آبی سطح برگ کاهش می‌یابد. این کاهش یا در اثر کاهش اندازه‌ی برگ و یا در نتیجه کاهش تعداد برگ در اثر کاهش مقدار فتوسنتز رخ می‌دهد. اندازه برگ بستگی به تعداد سلولها (تقسیم سلولی) و اندازه‌ی سلول‌های برگ دارد. مراحل اولیه تشکیل بخش هوایی و برگ‌ها تحت کنترل تقسیم سلولی بوده و نسبتاً غیر حساس به خشکی و شوری می‌باشد، ولی گسترش سطح برگ به خشکی و شوری حساس است (عباسی، ۱۳۸۶). برخی محققین کاهش سطح برگ را به عنوان یک مکانیزم سازگاری در جهت کم کردن میزان تعرق معرفی نموده‌اند (عباسی، ۱۳۸۶؛ باسرا و باسرا، ۱۹۹۷). در هنگام بروز تنش خشکی، گیاه از طریق بستن روزنه‌ها، کنترل هدایت روزنه‌ای و یا کنترل سطح برگ تعرق خود را تنظیم می‌کند. باسرا و باسرا (۱۹۹۷)، گزارش کردند که میزان رشد سطح برگ در پاسخ به تنش کمبود آب کاهش می‌یابد تا از این طریق اثر تنش تعدیل شود. همچنین کمبود آب ضمن کاهش سطح برگ، پیری برگ را تسریع می‌کند و بدین صورت میزان تولید خیلی بیشتر از آنچه که ناشی از

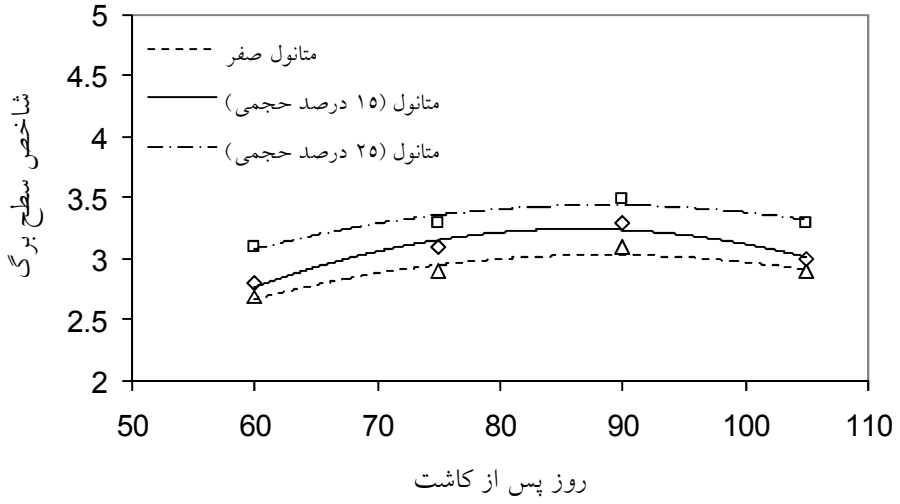
کمبود آب است، تقلیل می‌یابد. تنش آب سطح برگ، فتوسنتز و مصرف مواد فتوسنتزی ر ا در برگ‌ها کاهش می‌دهد، زیرا انتقال شیره پرورده از آوند آبکش وابسته به پتانسیل فشاری است. اگر در طی تنش پتانسیل آب در آوند آبکش کاهش یابد، کاهش در پتانسیل آماس نیز از انتقال مواد فتوسنتزی جلوگیری می‌کند (امام و زواره‌ای، ۲۰۰۶).



شکل۴-۱- روند تغییرات شاخص سطح برگ در سطوح مختلف تنش کم‌آبی

در اثر محلول‌پاشی متانول در تمامی مراحل، شاخص سطح برگ افزایش داشت. در این بین محلول‌پاشی متانول با غلظت بالاتر (۲۵درصد) حجمی افزایش بیشتری نسبت به سطوح دیگر نشان داد (شکل ۴-۲). تحقیقات نشان داده است که به کار بردن متانول برای بالا بردن ظرفیت گیاه در تنش خشکی در طول دوره رشد مفید است (پاکنژاد و همکاران، ۲۰۰۹). نتایج این مطالعه نشان داد که هر چند شاخص سطح برگ در سطح متانول ۱۵ درصد بالاتر از سطح صفر بود ولی این اختلاف معنی‌دار نبود. با توجه به نتایج شاید بتوان عنوان نمود که با افزایش غلظت متانول تا مقدار ۲۵ درصد حجمی، میزان شاخص سطح برگ افزایش خواهد یافت. محلول‌پاشی متانول پیری برگ را به‌واسطه‌ی تأثیر روی اتیلن به تأخیر می‌اندازد و می‌تواند دوره‌ی فعالیت فتوسنتزی را در برگ طولانی کند و به این ترتیب سبب افزایش در سطح برگ شود (میرآخوری و همکاران، ۱۳۸۸). مشابه با این نتایج، نتایج

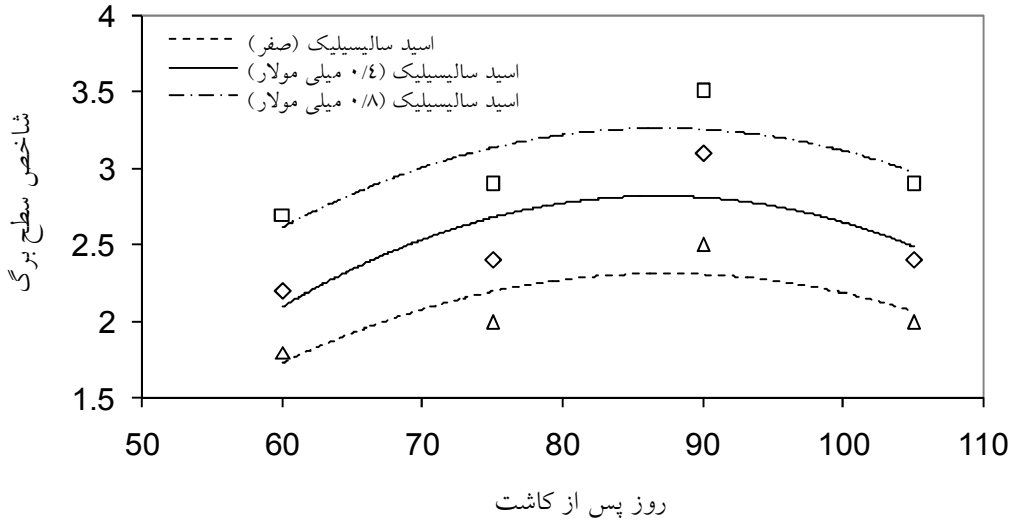
تحقیقات روی گیاه پنبه نیز نشان داد که محلول‌پاشی متانول ۲۵ درصد حجمی سبب افزایش در سطح برگ شده است (میرآخوری و همکاران، ۱۳۸۸). همچنین محلول‌پاشی متانول روی بادام زمینی با غلظت ۲۰ درصد حجمی سبب افزایش آب نسبی سلول و شاخص سطح برگ شده است (صفرزاده ویشگاهی، ۲۰۰۵). افزایش سطح برگ در اثر محلول‌پاشی متانول در گیاهان توتون (رامیرز و همکاران، ۲۰۰۶)، گندم و یولاف (راجالا و همکاران، ۱۹۹۸) و انگور (رومدانت، ۲۰۰۵ به نقل از صفرزاده ویشگاهی، ۱۳۸۶) نیز گزارش شده است.



شکل۴-۲- روند تغییرات شاخص سطح برگ تحت تأثیر سطوح مختلف محلول‌پاشی با متانول

مقایسه روند تغییرات سطح برگ تحت تأثیر غلظت‌های اسید سالیسیلیک نشان داد که این ماده با غلظت ۰/۸ میلی‌مولار میزان شاخص سطح برگ را در تمامی مراحل نمونه‌برداری افزایش داد. بیشترین (۳/۵) و کمترین (۲/۵) شاخص سطح برگ در ۹۰ روز پس از کاشت به ترتیب در اسید سالیسیلیک ۰/۸ و صفر میلی‌مولار به دست آمد (شکل ۴-۳). اسید سالسیلیک موجب افزایش سرعت فتوسنتز و غلظت دی‌اکسید کربن در برگ می‌شود، همچنین فعالیت هورمون اسید آبسیزیک (که سبب پیری می‌شود) را در برگ کاهش می‌دهد و در نتیجه سبب افزایش شاخص سطح برگ می‌گردد

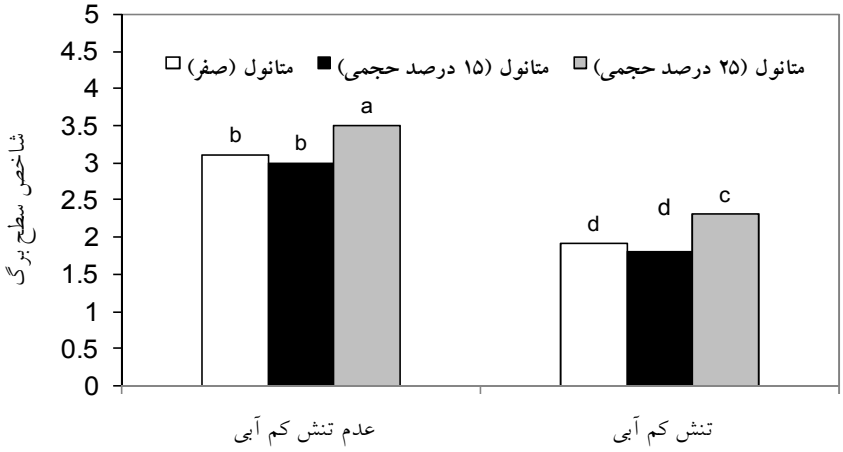
(فریدالدین و همکاران، ۲۰۰۳). گزارش شده است که با محلول‌پاشی اسید سالسیلیک سطح برگ در گندم (فریدالدین و همکاران، ۲۰۰۳) افزایش یافت.



شکل ۴-۳- روند تغییرات شاخص سطح برگ تحت تأثیر سطوح مختلف محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک

در هر دو شرایط تنش و عدم تنش محلول‌پاشی با بالاترین غلظت متانول (۲۵ درصد حجمی) موجب بهبود شاخص سطح برگ گردید (شکل ۴-۴). بیشترین شاخص سطح برگ معادل ۳/۵ در شرایط عدم تنش کم‌آبی × متانول ۲۵ درصد حجمی به دست آمد و کمترین میزان آن (۱/۸) در شرایط تنش کم‌آبی × متانول ۱۵ درصد حجمی حاصل شد که البته اختلاف معنی‌داری با عدم محلول‌پاشی متانول در این شرایط نداشت (شکل ۴-۴). به نظر می‌رسد محلول‌پاشی متانول سبب تأخیر در پیری برگ‌ها از طریق اثر بر محرک‌های تولید اتیلن در گیاه می‌شود که این امر موجب افزایش دوره‌ی فعال فتوسنتزی و دوام سطح برگ می‌گردد. این نتایج مشابه با نتایج مخدوم و همکاران (۲۰۰۲) می‌باشد که بیان کردند محلول‌پاشی متانول سبب افزایش شاخص سطح برگ در گیاه پنبه شد. در شرایط تنش به علت بسته‌بودن روزنه‌ها مقدار تعرق کاهش می‌یابد و ورود دی‌اکسید

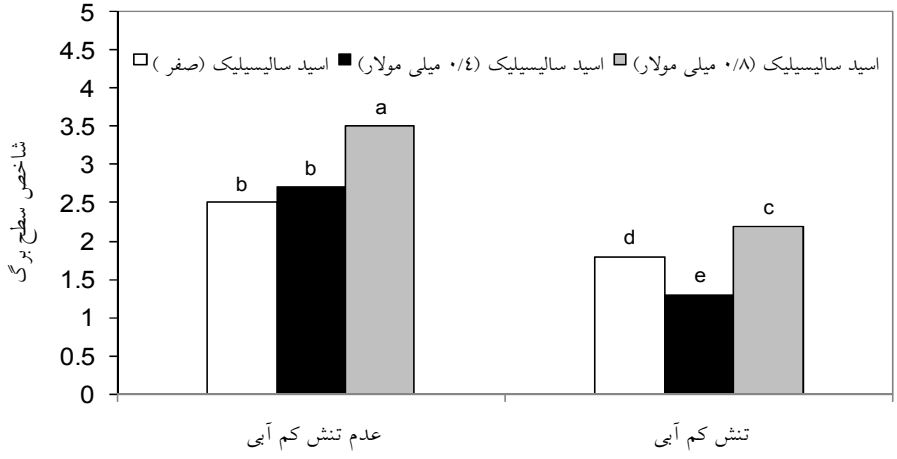
کربن نیز قطع می‌شود (زبیک و همکاران، ۲۰۰۳). به همین دلیل شاخص سطح برگ در شرایط عدم تنش، بیشتر از شرایط تنش بود.



شکل ۴-۴- تغییرات شاخص سطح برگ تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های مختلف متانول و سطوح تنش کم‌آبی در ۹۰ روز پس از کاشت

غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک نیز در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش تأثیر معنی‌داری روی شاخص سطح برگ داشت. با توجه به نتایج مقایسه میانگین داده‌ها بالاترین (۳/۵۲) و پایین‌ترین (۱/۳) شاخص سطح برگ به ترتیب در تیمار عدم تنش × اسیدسالیسیلیک ۰/۸ میلی‌مولار و تیمار تنش کم‌آبی × اسید سالیسیلیک ۰/۴ میلی‌مولار مشاهده شد. در هر دو شرایط تنش و عدم تنش، با افزایش اسید سالیسیلیک (به جز اسید سالیسیلیک ۰/۴ میلی‌مولار در شرایط تنش) شاخص سطح برگ افزایش یافت (شکل ۴-۵). احتمالاً اسید سالیسیلیک با تأثیر روی آبسزیک اسید (مظاهری تیرانی و منوچهری کلانتری، ۱۳۸۶) موجب به تعویق افتادن پیری و ریزش برگ و در نتیجه افزایش شاخص سطح برگ شده است. به طور کلی شاخص سطح برگ در شرایط تنش کمتر از شرایط عدم تنش بود که احتمالاً به علت کاهش تورژسانس سلول‌های برگ بوده است. گزارش شده است که کمبود آب باعث کاهش حجم یاخته، افزایش غلظت شیره‌ی یاخته‌ای شده و پروتوپلاسم آب خود را از

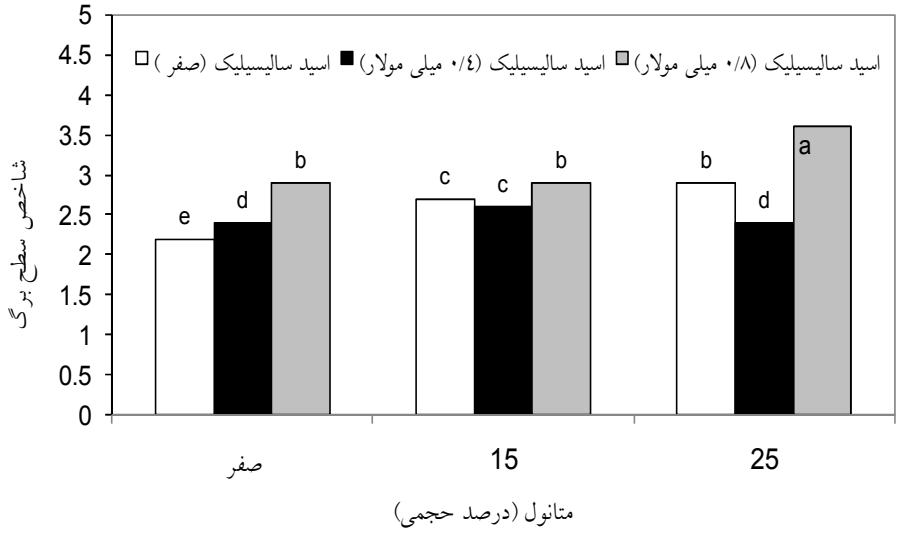
دست می‌دهد. نخستین و حساس‌ترین واکنش نسبت به کمبود آب کاهش در آماس و رشد یاخته است (مظاهری تیرانی و منوچهری کلانتری، ۱۳۸۶). مشابه با این نتایج کاربرد اسید سالیسیلیک، در ذرت و سویا موجب افزایش سطح برگ آن‌ها گردید، ولی بر طویل‌شدن ریشه‌ی آن‌ها مؤثر نبود (خان و همکاران، ۲۰۰۳). همچنین گزارش شده است که با محلول‌پاشی اسید سالسیلیک سطح برگ در سویا افزایش یافت (هایات و همکاران، ۲۰۱۰).



شکل ۴-۵- تغییرات شاخص سطح برگ تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک و سطوح تنش کم‌آبی در ۹۰ روز پس از کاشت

نتایج نشان داد که با افزایش توأم غلظت‌های متانول و اسید سالیسیلیک شاخص سطح برگ افزایش یافت به‌طوری که بیشترین شاخص سطح برگ (۳/۶) در تیمار متانول ۲۵ درصد و اسید سالیسیلیک ۰/۸ میلی‌مولار مشاهده شد (شکل ۴-۶). در هر ۳ سطح متانول بالاترین شاخص سطح برگ مربوط به اسید سالیسیلیک ۰/۸ میلی‌مولار بود. البته توأم شدن محلول‌پاشی متانول با اسید سالیسیلیک ۰/۴ میلی‌مولار تأثیر منفی بر صفت شاخص سطح برگ داشت. به طورکلی می‌توان این‌گونه بیان نمود که ترکیب تیماری متانول ۲۵ درصد حجمی و اسید سالسیلیک ۰/۸ میلی‌مولار بهترین ترکیب بوده است که سبب ایجاد اختلاف معنی‌داری با سایر ترکیبات تیماری گردید. به نظر

می‌رسد کاربرد توأم متانول با قابلیت افزایش ظرفیت فتوسنتزی گیاه و اسید سالیسیلیک با افزایش دوام سطح برگ و تأخیر پیری موجب افزایش شاخص سطح برگ گردیده است.



شکل ۴-۶- تغییرات شاخص سطح برگ تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های مختلف متانول و اسید سالیسیلیک در ۹۰ روز پس از کاشت

۴-۱-۲- ارتفاع بوته

تجزیه‌ی واریانس داده‌ها نشان داد که اختلاف ارتفاع بوته تحت تأثیر تنش کم‌آبی، غلظت‌های مختلف متانول و اسید سالسیلیک بسیار معنی‌دار بود (جدول پیوست ۲). در شرایط تنش احتمالا رقابت برای آب بین بوته‌ها زیاد می‌گردد لذا گیاه سهم بیشتری از مواد فتوسنتزی را به ریشه اختصاص می‌دهد در نتیجه مواد فتوسنتزی کمتری به بخش‌های هوایی از جمله ساقه رسیده که این امر سبب کاهش ارتفاع بوته می‌گردد (پاپووا و همکاران، ۱۹۹۷). تیمار گیاهان با اسید سالیسیلیک در شرایط تنش، تقسیم یاخته‌ای را در مرسیتم رأس ریشه افزایش داده تا به این ترتیب با افزایش در ارتفاع بوته و به دنبال آن افزایش تعداد گل روی ساقه به افزایش عملکرد در بوته کمک کند. اسید سالیسیلیک رشد و تقسیم سلولی را تنظیم کرده و در واقع بین رشد و پیری تعادل ایجاد می‌کند

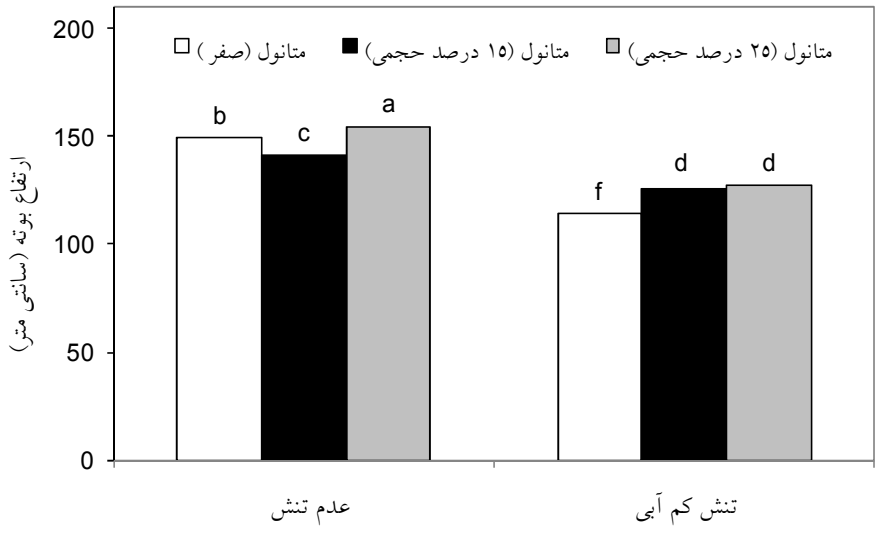
(پاپووا و همکاران، ۱۹۹۷). محلول‌پاشی متانول به طور غیرمستقیم موجب تحریک باکتری متیلوتروف می‌شود و این باکتری از طریق تولید اکسین و سایتوکینین موجب افزایش رشد گیاه و ارتفاع بوته می‌گردد (لوپز و همکاران، ۱۹۹۹).

نتایج نشان داد که تمام اثرات متقابل به جز اثر سه جانبه‌ی تنش × متانول × اسیدسالیسیلیک بر ارتفاع بوته معنی‌دار شد (جدول پیوست ۲). با توجه به نتایج اثرات متقابل دو جانبه، مقایسه‌ی میانگین ترکیبات تیماری تنش × متانول، تنش × اسید سالیسیلیک و متانول × اسیدسالیسیلیک انجام شد. به طور کلی در شکل ۴-۷ مشاهده می‌گردد که ارتفاع بوته در شرایط تنش کم‌آبی نسبت به شرایط عدم تنش به طور متوسط حدود ۲۰ سانتی‌متر کاهش یافت. با توجه به نتایج بالاترین (۱۵۴ سانتی‌متر) و پایین‌ترین (۱۱۴ سانتی‌متر) ارتفاع بوته به‌ترتیب در شرایط عدم تنش × متانول ۲۵ درصد و تنش کم‌آبی × عدم محلول پاشی متانول به‌دست آمد. نتایج مقایسه‌ی میانگین‌ها نشان داد که در هر دو شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش با افزایش میزان متانول ارتفاع بوته افزایش یافته است (به‌استثنای متانول ۱۵ درصد در شرایط عدم تنش). راوو و همکاران (۱۹۹۴) گزارش کردند که محلول‌پاشی متانول در غلظت‌های مختلف ۱۰ تا ۵۰ درصد حجمی سبب افزایش ارتفاع بوته در گل رز شده است. همچنین در یک مطالعه‌ی دیگر اثر متانول بر رشد و عملکرد بادام زمینی، با یک تیمار شاهد (بدون مصرف متانول) و غلظت‌های متانول۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۶۰ درصد حجمی بررسی شد. نتایج این تحقیق نشان داد که بین غلظت‌های مختلف متانول بر ارتفاع بوته تفاوت معنی‌داری وجود دارد. در این مطالعه متانول با غلظت۲۰ درصد حجمی باعث افزایش سرعت رشد گیاه و ارتفاع بوته شده است (صفرزاده ویشگاهی، ۲۰۰۸).

احتمالاً دلیل افزایش ارتفاع بوته در غلظت بالای متانول (۲۵ درصد) افزایش کربن در دسترس برای گیاه بوده است. متانول در مقایسه با CO_2 ملکول نسبتاً کوچکتری است و به راحتی توسط گیاه جذب می‌شود (گوت، ۲۰۰۰). به این ترتیب افزایش کربن موجب افزایش فتوسنتز و در نتیجه افزایش

ارتفاع گیاه خواهد شد. همچنین به نظر می‌رسد محلول‌پاشی متانول با افزایش تولید سیتوکنین و افزایش تقسیم سلولی، تحریک رشد و افزایش ارتفاع در گیاهان تیمار شده را موجب شده باشد.

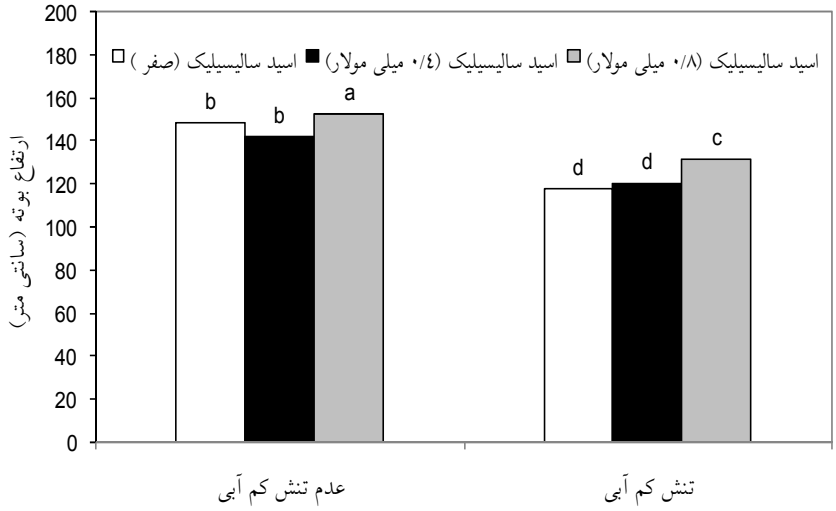
با توجه به شکل ۴-۷ به‌نظر می‌رسد متانول در شرایط تنش تأثیر بیشتری روی ارتفاع بوته نسبت به شرایط عدم تنش دارد چراکه با توجه به نتایج به‌دست آمده ارتفاع بوته در شرایط عدم تنش در متانول ۲۵ درصد حجمی، حدود ۵/۴۵ سانتی‌متر نسبت به متانول صفر در همین شرایط افزایش نشان داد در حالیکه ار تفاع بوته در متانول ۲۵ درصد حجمی نسبت به متانول صفر در شرایط تنش، ۱۳/۵۴ سانتی‌متر افزایش داشته است.



شکل ۴-۷- تغییرات ارتفاع بوته تحت تأثیر غلظت‌های مختلف متانول در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش

غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش تأثیر معنی‌داری بر ارتفاع بوته داشت. با توجه به نتایج مقایسه میانگین داده‌ها بالاترین و پایین‌ترین ارتفاع بوته معادل ۱۵۲ و ۱۱۷ سانتی‌متر به ترتیب در ترکیبات تیماری عدم تنش × اسیدسالیسیلیک ۰/۸ میلی‌مولار و تیمار تنش کم‌آبی × عدم استفاده از اسید سالیسیلیک مشاهده شد (شکل ۴-۸). مشابه با این نتایج گزارش شده است که محلول‌پاشی اسید سالسیلیک ۰/۸ میلی‌مولار ارتفاع بوته سورگوم را نسبت به

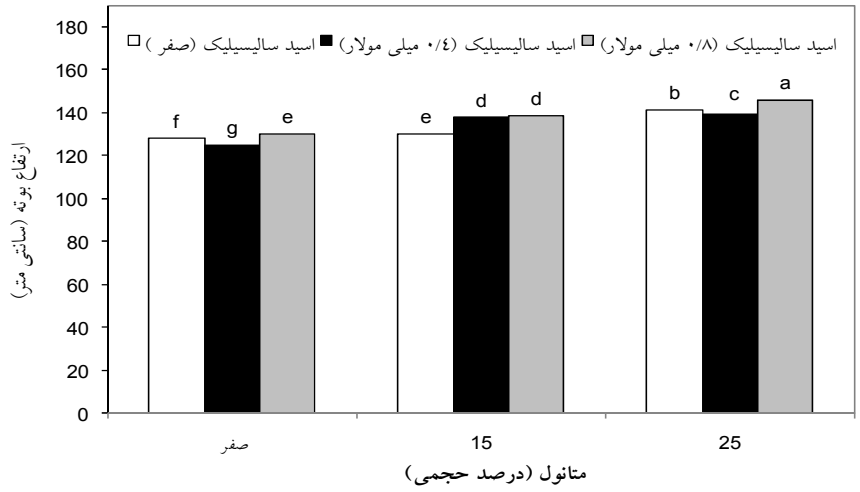
شاهد افزایش داده است (پانچوا و همکاران، ۱۹۹۶). نتایج مقایسه‌ی میانگین‌ها نشان داد که در هر دو شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۸ میلی‌مولار ارتفاع بوته را به طور معنی‌داری افزایش داده است. میزان افزایش مشاهده شده در ارتفاع بوته در اثر محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک ۰/۸ میلی‌مولار در شرایط تنش نسبت به عدم محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک در همین شرایط حدود ۱۴/۰۱ سانتی‌متر بود این در حالی است که بین غلظت ۰/۴ میلی‌مولار از این ماده و عدم مصرف آن اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. احتمال می‌رود که دلیل این امر افزایش سرعت فتوسنتز به سبب محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک باشد که در نهایت موجب افزایش ارتفاع بوته شده است. گزارش شده است که مصرف اسید سالیسیلیک در کلزا موجب افزایش سرعت فتوسنتز (فریدالدین و همکاران، ۲۰۰۳) و غلظت CO_2 درونی (خان و همکاران، ۲۰۰۳) شده است.



شکل ۴-۸- تغییرات ارتفاع بوته تحت تأثیر غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش

تجزیه واریانس داده‌ها برای ارتفاع بوته نشان داد که اثر متقابل متانول × اسید سالیسیلیک نیز معنی‌دار بود (جدول پیوست ۲). با افزایش غلظت‌های متانول و اسید سالیسیلیک ارتفاع بوته افزایش

یافت به‌طوری که بیشترین ارتفاع بوته (۱۴۵ سانتی‌متر) در تیمار متانول ۲۵ درصد و اسید سالیسیلیک ۰/۸ میلی‌مولار مشاهده شد (شکل ۴-۹). در هر ۳ سطح متانول نیز بالاترین ارتفاع بوته مربوط به اسید سالیسیلیک ۰/۸ میلی‌مولار بود. به جز ۱۵ درصد حجمی متانول که اختلاف معنی‌داری بین سطوح اسید سالیسیلیک وجود نداشت. در دو سطح دیگر متانول غلظت پایین‌تر اسید سالیسیلیک (۰/۴ میلی‌مولار) اثر منفی بر ارتفاع بوته داشت. به طورکلی می‌توان این‌گونه بیان نمود که ترکیب تیماری متانول ۲۵ درصد حجمی و اسید سالسیلیک ۰/۸ میلی‌مولار بهترین ترکیب بوده که باعث افزایش ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متری ارتفاع بوته‌ها نسبت به سایر ترکیبات تیماری گردید.



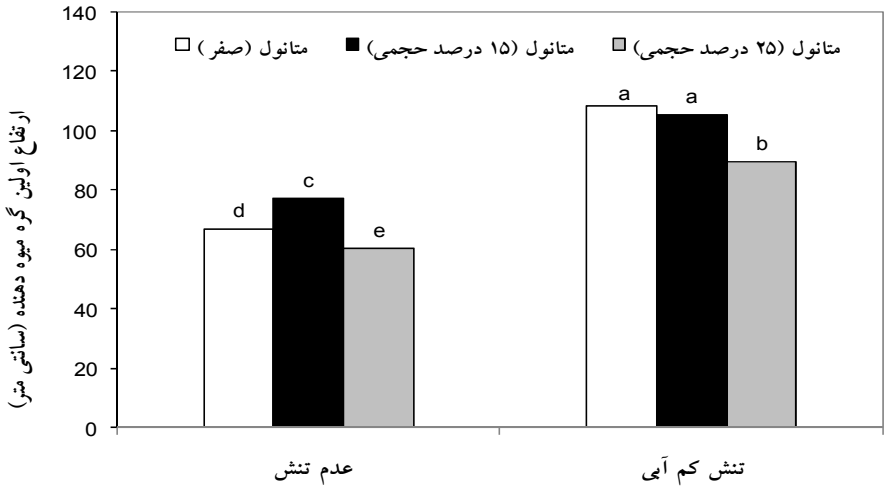
شکل ۴-۹- تغییرات ارتفاع بوته تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک و متانول

۴-۱-۳- ارتفاع تا اولین گره میوه دهنده

تجزیه‌ی واریانس داده‌ها نشان داد که اختلاف ارتفاع تا اولین گره میوه دهنده تحت تأثیر تنش کم‌آبی، غلظت‌های مختلف متانول و اسید سالسیلیک بسیار معنی‌دار بود. همچنین اثر متقابل دوجانبه‌ی تنش کم‌آبی × متانول و تنش‌کم‌آبی × اسید سالیسیلیک نیز روی این صفت اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری نشان دادند (جدول پیوست ۲). به همین سبب مقایسه‌ی میانگین صفت

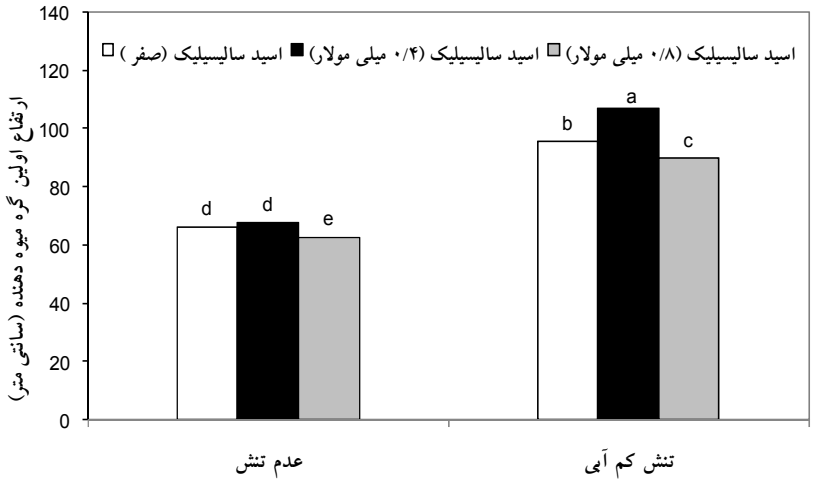
مذکور تحت تأثیر این ترکیبات تیماری بررسی شد. نتایج نشان داد که ارتفاع بوته تا اولین گره‌ی میوه دهنده در شرایط تنش بیشتر از شرایط عدم تنش بود. همچنین مشاهده گردید که در شرایط تنش با افزایش غلظت متانول، ارتفاع بوته تا اولین گره‌ی میوه دهنده کاهش یافت. البته در این شرایط محلول‌پاشی با غلظت ۱۵ درصد حجمی اختلاف معنی‌داری با عدم کاربرد متانول نداشت. در این شرایط عدم تنش نیز محلول‌پاشی با متانول ۲۵ درصد موجب تشکیل میوه‌ها در ارتفاع ۶۰ سانتی‌متر شد که به طور معنی‌داری کمتر از سایر ترکیبات تیماری بود. در شرایط عدم تنش محلول‌پاشی با متانول ۱۵ درصد حجمی موجب افزایش ۱۰/۳۳ سانتی‌متری در ارتفاع اولین گره میوه دهنده نسبت به عدم محلول‌پاشی متانول گردید که از لحاظ آماری نیز معنی‌دار بود (شکل ۴-۱۰). به نظر می‌رسد گیاه با محلول‌پاشی متانول در شرایط تنش و عدم تنش‌کم‌آبی با کاهش ارتفاع تا اولین میوه گره دهنده و افزایش در کل ارتفاع بوته سبب افزایش قسمت زایشی خود شده و به این ترتیب باعث ثبات عملکرد می‌گردد. به دلیل اینکه مواد غذایی به صورت محلول در آب جذب گیاه می‌شوند، بنابراین محدودیت در منابع آبی منجر به محدودیت در کلیه منابع غذایی شده و گیاه مجبور به کم‌کردن رشد رویشی و اتمام زودهنگام مرحله‌ی رویشی و شروع مرحله‌ی زایشی می‌گردد. این موضوع را میترا (۲۰۰۱) با عنوان فرار از خشکی تفسیر کرده است و بیان می‌کند این مکانیسم شامل نمو فنولوژیکی سریع (گل‌دهی و رسیدگی زودهنگام)، انعطاف‌پذیری نموی و انتقال مجدد آسیمیلات‌های ذخیره شده قبل از گل‌دهی به دانه می‌باشد. در شرایط بدون تنش، کوتاه شدن رشد رویشی و کم‌شدن میزان آن و طولانی شدن دوره‌ی زایشی صفت مطلوبی است که باعث افزایش عملکرد می‌شود. این افزایش عملکرد به این دلیل است که حداکثر انرژی گیاه صرف رشد زایشی و تولید می‌شود ولی در شرایط تنش، میزان تولید به ویژه در مراحل آخر دوره‌ی رشدی به قدرت انتقال مجدد مواد در گیاه وابسته است (میترا، ۲۰۰۱). با توجه به نتایج به‌دست آمده در این طرح شاید بتوان عنوان کرد که افزایش غلظت متانول محلول‌پاشی شده روی گیاه تحت تنش، موجب ایجاد شرایطی مشابه شرایط عدم تنش

برای گیاه شده و طول دوره‌ی رویشی را کاهش و دوره‌ی زایشی را افزایش می‌دهد، که در گیاه کنجد به‌صورت کاهش ارتفاع تا اولین گره‌ی میوه‌دهنده نمود یافته است.



شکل ۴-۱۰- تغییرات ارتفاع اولین میوه‌ی گره دهنده تحت تأثیر غلظت‌های مختلف متانول در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش

در اثر محلول‌پاشی با غلظت ۰/۴ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در شرایط تنش کم‌آبی، ارتفاع اولین گره میوه‌دهنده روی ساقه به طور معنی‌داری بیشتر شد که یک اثر منفی تلقی می‌گردد. این سطح از اسید سالیسیلیک در شرایط عدم تنش تأثیر معنی‌داری روی صفت مورد بررسی نداشت. دو برابر شدن غلظت اسید سالیسیلیک به طور معنی‌داری این صفت را کاهش داد. میزان کاهش مشاهده شده در اثر محلول‌پاشی با ۰/۸ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک نسبت به عدم کاربرد این ماده در شرایط عدم تنش و تنش کم‌آبی به ترتیب ۳/۶۶ و ۵/۷۷ سانتی‌متر بود.



شکل ۴-۱۱- تغییرات ارتفاع اولین میوه‌ی گره دهنده تحت تأثیر غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش

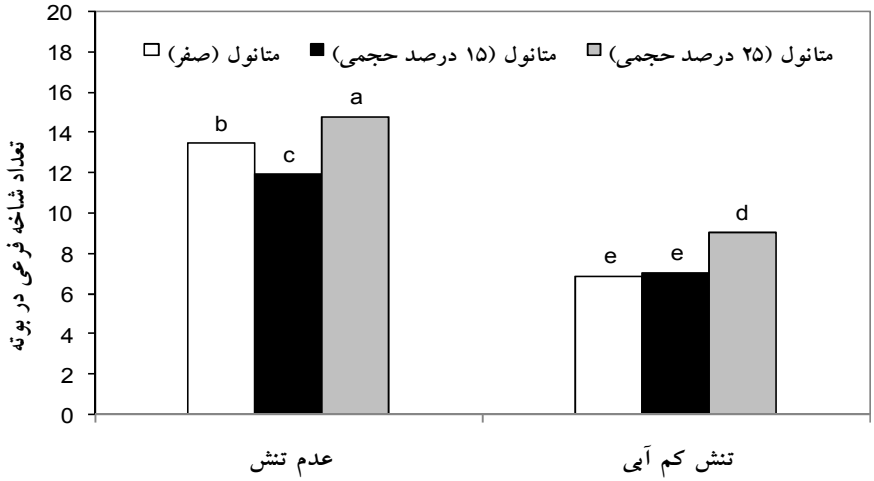
۴-۱-۴- تعداد شاخه‌های فرعی

تعداد شاخه‌های فرعی در بوته به طور معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر تمامی اثرات اصلی در طرح مورد مطالعه قرار گرفت. همچنین اثر متقابل دو جانبه‌ی تنش کم‌آبی × متانول و متانول × اسید سالیسیلیک نیز بسیار معنی‌دار بود (جدول پیوست ۲).

همان‌طور که شکل ۴-۱۲ نشان می‌دهد، تعداد شاخه‌های فرعی در شرایط تنش کم‌آبی کمتر از شرایط عدم تنش بود. از آنجا که عناصر غذایی موجود در خاک از طریق سیستم ریشه‌ای وارد گیاه می‌شوند، در کنار سایر فاکتورهای مهم، وجود یک سیستم ریشه‌ای سالم نقشی کلیدی در افزایش رشد و افزایش در تعداد شاخه‌ها و تولید گیاهان ایفا می‌کند (هیات و همکاران، ۲۰۱۰). افزایش تنش از طریق تغییر در ساختار غشای سلول‌های ریشه و کاهش سطوح جذب کننده آب منجر به کاهش پتانسیل آب گیاه می‌شود که تأثیر منفی بر فرآیندهای فیزیولوژیکی نظیر فتوسنتز، تعرق، تنفس دارد و در نهایت کاهش رشد را به دنبال دارد (خطیب و همکاران، ۱۳۸۷). پرالتا و همکاران (۲۰۰۴) آسیب‌های ریشه‌ای ناشی از تنش و کاهش میزان کلروفیل را علت اصلی کاهش در حجم اندام هوایی

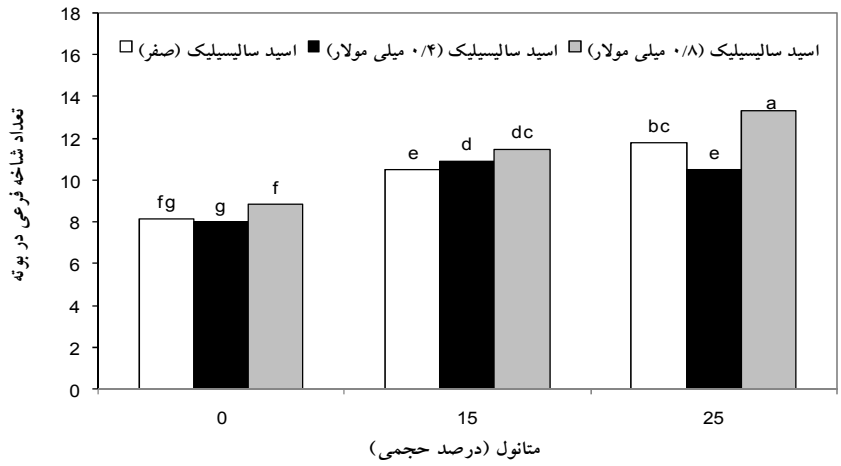
عنوان نمودند. همچنین کاهش هورمون‌های رشد و افزایش مواد بازدارنده رشد می‌تواند دلیل این کاهش رشد محسوب گردد (کافی و همکاران، ۱۳۸۴).

اگرچه محلول‌پاشی با غلظت ۱۵ درصد حجمی متانول در شرایط تنش تأثیری نداشت ولی محلول‌پاشی با غلظت ۲۵ درصد حجمی توانست تا حدی اثر منفی ناشی از تنش را بر صفت تعداد شاخه فرعی کاهش دهد. در شرایط نرمال نیز محلول‌پاشی با بالاترین غلظت متانول تعداد شاخه فرعی را به طور معنی‌داری افزایش داد و به حدود ۱۵ شاخه در بوته رساند در حالی که محلول‌پاشی با غلظت پایین‌تر اثر منفی داشت (شکل ۴-۱۲). با محلول‌پاشی متانول روی بوته‌ها فعالیت فتوسنتزی افزایش یافته و تورژسانس بوته‌ها زیادتر می‌گردد. بنابراین گیاه با افزایش در تعداد شاخه‌های میوه‌دهنده سبب افزایش در میزان عملکرد می‌گردد (لای و همکاران، ۱۹۹۵). مشابه با این نتایج، احیایی و همکاران (۱۳۸۹) بیان داشتند که محلول پاشی متانول با غلظت ۳۰ درصد حجمی سبب افزایش تعداد شاخه های میوه‌دهنده در نخود شده است. میرآخوری و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که محلول‌پاشی متانول روی سویا تأثیر معنی‌داری روی تعداد شاخه در بوته داشت.



شکل ۴-۱۲- تغییرات تعداد شاخه فرعی در بوته تحت تأثیر غلظت‌های مختلف متانول در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش

با توجه به معنی‌دار شدن اثر متقابل متانول × اسید سالیسیلیک تغییرات تعداد شاخه فرعی تحت تأثیر غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک در سه غلظت متانول بررسی شد (شکل ۴-۱۳). نتایج نشان داد که محلول‌پاشی توأم اسید سالیسیلیک و متانول موجب افزایش چشم‌گیری در تعداد شاخه فرعی گردید. تعداد شاخه فرعی در بوته تحت شرایط عادی (بدون محلول‌پاشی متانول و اسید سالیسیلیک) به طور متوسط ۸ شاخه فرعی در بوته بود ولی تأثیر مثبت بالاترین غلظت اسید سالسیلیک و متانول به حدی بود که تعداد شاخه‌های فرعی تقریباً به ۱۳ شاخه فرعی در بوته رسید. بنابراین می‌توان چنین بیان نمود که ترکیب تیماری متانول ۲۵ درصد حجمی و اسید سالسیلیک ۰/۸ میلی‌مولار بهترین ترکیب بود و موجب افزایش در تعداد شاخه‌های میوه‌دهنده گردید. در هر سه غلظت متانول محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک ۰/۸ میلی‌مولار تعداد شاخه‌ی فرعی را افزایش داد. باسو و همکاران (۱۹۹۶)، مشاهده کردند که محلول‌پاشی اسید سالسیلیک در نوعی ماش سبب افزایش ریشه‌زایی در گیاه شده است، همچنین گزارش شده است که تیمار اسید سالیسیلیک تقسیم یاخته‌ای را درون مریستم رأسی گیاهچه افزایش داده و رشد گیاه را بهبود می‌بخشد (شکیرووا و ساهاباتدینوا، ۲۰۰۳).



شکل ۴-۱۳- تغییرات تعداد شاخه فرعی در بوته تحت تأثیر غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک و متانول در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش

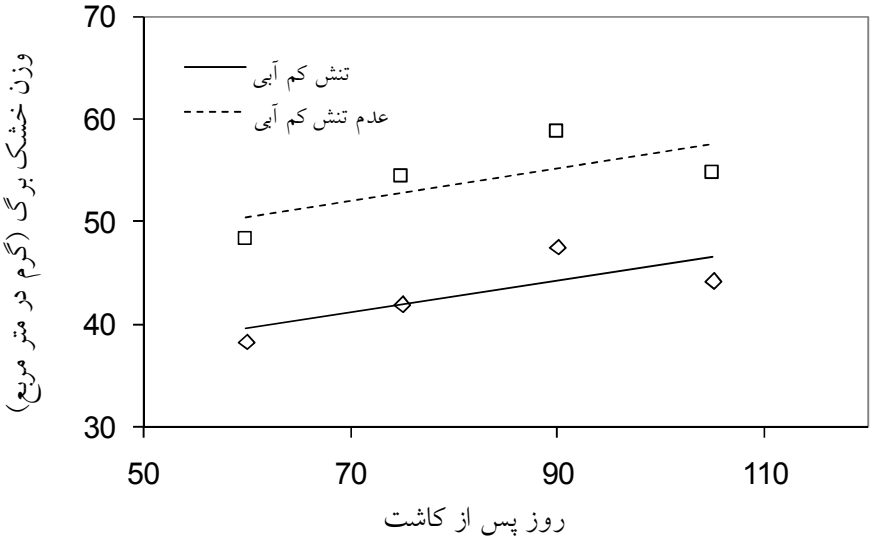
۴-۱-۵- وزن خشک برگ، ساقه و میوه

۴-۱-۵-۱- وزن خشک برگ

نتایج تجزیه‌ی واریانس داده‌ها نشان داد که تمامی اثرات اصلی و اثر متقابل آن‌ها روی وزن خشک برگ در مراحل ۹۰ و ۱۰۰ روز پس از کاشت در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. در نمونه‌برداری‌های قبل از آن یعنی در ۶۰ و ۷۵ روز پس از کاشت نیز اثرات اصلی معنی‌دار بودند ولی از بین اثرات متقابل تنها تأثیر تنش × اسید سالیسیلیک معنی‌دار شد (جدول پیوست ۳).

نتایج نشان داد که در هر دو شرایط تنش و عدم تنش کم‌آبی وزن خشک برگ در طول دوره‌ی آزمایش تا ۹۰ روز پس از کاشت روند صعودی داشت و پس از آن کاهش نشان داد (شکل ۴-۱۴). بیشترین وزن خشک برگ در شرایط عدم تنش و تنش (به ترتیب ۵۸/۸۳ و ۴۷/۶۲ گرم در متر مربع) در ۹۰ روز پس از کاشت به‌دست آمد.

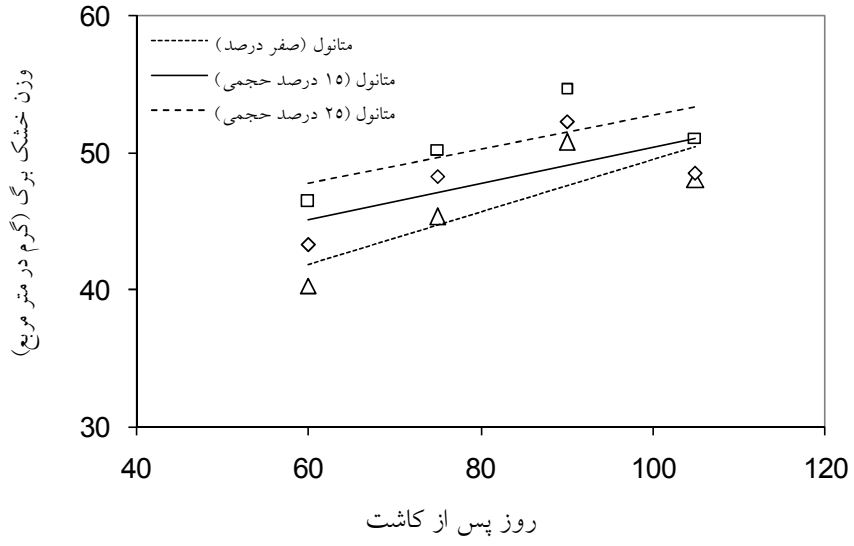
در تمامی مراحل نمونه‌برداری وزن خشک برگ در شرایط عدم تنش بالاتر از شرایط تنش کم‌آبی بود. مشابه این نتیجه در شکل ۴-۱ برای سطح برگ نیز مشاهده شد که ارتباط بین این دو صفت را نشان می‌دهد. این شرایط نشان دهنده‌ی تأثیر بسیار زیاد تنش کم‌آبی روی اندام هوایی گیاه است که احتمالاً در شرایط تنش کم‌آبی به علت عدم رشد مناسب ریشه‌ها و در نتیجه کاهش جذب مواد غذایی ایجاد شده است. گزارش شده است که مهم‌ترین اثر خشکی برای گیاه نامتناسب بودن رشد ریشه و اندام هوایی است که عمدتاً در نتیجه‌ی کاهش بیشتر رشد اندام هوایی در شرایط تنش خشکی رخ می‌دهد (برادران فیروزآبادی، ۱۳۸۱). کاهش وزن خشک برگ پس از مرحله‌ی حداکثری احتمالاً به دلیل مرحله‌ی شروع تشکیل میوه بوده است که موجب شده سهم بیشتری از مواد فتوسنتزی تولید شده به بخش زایشی (میوه) اختصاص یابد.



شکل ۴-۱۴- روند تغییرات وزن خشک برگ در سطوح مختلف تنش کم‌آبی

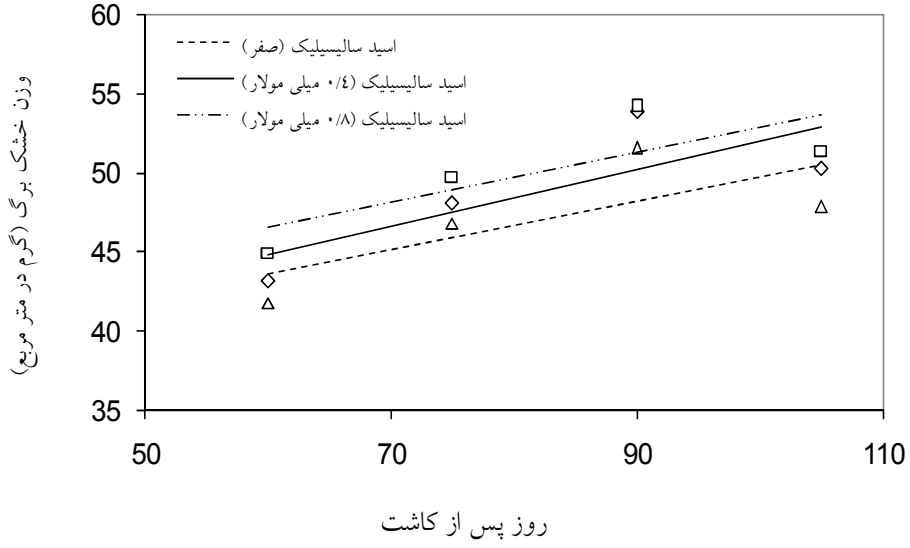
در تمام دوره رشد گیاهانی که با متانول ۲۵ درصد حجمی محلول‌پاشی شده بودند وزن خشک برگ بیشتری داشتند (شکل ۴-۱۵). در کل بالاترین تجمع ماده خشک در برگ در شرایط محلول‌پاشی متانول ۲۵ درصد حجمی و کمترین میزان آن در شرایط بدون محلول‌پاشی به ترتیب معادل ۵۴/۶۹ و ۵۰/۷۶ گرم در متر مربع در ۹۰ روز پس از کاشت به‌دست آمد (شکل ۴-۱۵).

این احتمال وجود دارد که بالا بودن وزن خشک برگ در غلظت بالای متانول نیز به علت تأثیر مثبت این ماده روی شاخص سطح برگ باشد. در این مطالعه غلظت بالای متانول موجب افزایش شاخص سطح برگ نیز شده بود (شکل ۴-۴). گزارش شده است که افزایش شاخص سطح برگ گیاهان تیمار شده با متانول یکی از علل افزایش عملکرد برگ (وزن خشک برگ) در گیاهان می‌باشد (مخدوم و همکاران، ۲۰۰۲). احتمالا یکی دیگر از دلایل بالا بودن وزن خشک برگ در غلظت بالای متانول به تعویق افتادن پیری و ریزش برگ است. در همین رابطه گزارش شده است که متانول می‌تواند از طریق اثر روی سرعت تولید اتیلن، پیری برگ‌ها را به تعویق اندازد (نادعلی و همکاران، ۱۳۸۹).



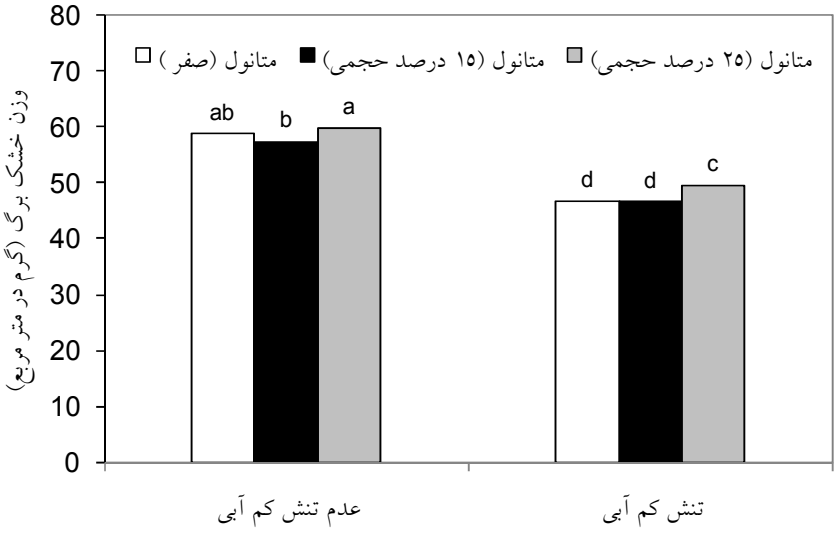
شکل ۴-۱۵- روند تغییرات وزن خشک برگ تحت تأثیر غلظت‌های مختلف متانول

با توجه به نتایج، در غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک وزن خشک برگ ابتدا روند افزایشی نشان داد و سپس در مراحل انتهایی رشد اندکی کاهش یافت (شکل ۴-۱۶). در این مطالعه در هر چهار مرحله‌ی نمونه‌برداری وزن خشک برگ در غلظت اسید سالیسیلیک ۰/۸ میلی‌مولار دارای بالاترین مقدار بود. نتایج تجزیه‌ی واریانس داده‌ها نشان داد که اختلاف وزن خشک برگ در تمامی مراحل بین سطوح مختلف اسید سالیسیلیک از لحاظ آماری معنی‌دار است (جدول پیوست ۳). بیشترین وزن خشک برگ تحت غلظت‌های متفاوت اسید سالیسیلیک در ۹۰ روز پس از کاشت به‌دست آمد که در اسید سالیسیلیک ۰/۸، ۰/۴ و صفر میلی‌مولار به‌ترتیب برابر ۵۴/۲۴، ۵۳/۸۷ و ۵۱/۵۷ گرم در مترمربع بود. به نظر می‌رسد اسید سالیسیلیک با اثر روی هورمون آبسزیک اسید (سنارانتا و همکاران، ۲۰۰۲) موجب افزایش وزن خشک برگ شده است. آبسزیک اسید موجب تسریع پیری، پژمرده‌شدن یاخته‌های گیاه و خشک شدن و ریزش برگ‌های مسن‌تر می‌شوند (مظاهری تیرانی و منوچهری کلانتری، ۱۳۸۶). ممکن است اسید سالیسیلیک با کاهش اثرات آبسزیک اسید موجب افزایش وزن خشک برگ نسبت به شرایط عدم استفاده شده باشد.



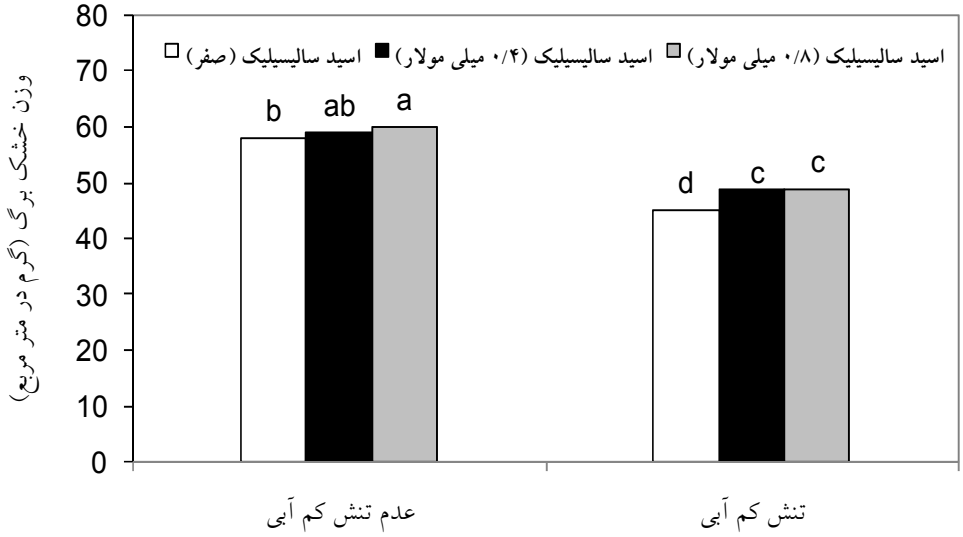
شکل ۴-۱۶- روند تغییرات وزن خشک برگ تحت تأثیر غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک

در هر دو شرایط عدم تنش و تنش کم‌آبی تأثیر مثبت متانول با غلظت ۲۵ درصد حجمی بر وزن خشک برگ مشهود بود. البته افزایش ناشی از این ماده در شرایط عدم تنش از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. نکته جالب کاهش جزئی و غیر معنی‌دار ماده خشک برگ در اثر محلول‌پاشی با غلظت ۱۵ درصد حجمی متانول در هر دو شرایط تنش و عدم تنش بود. در مجموع بالاترین ماده خشک برگ معادل حدود ۵۹ گرم در متر مربع از ترکیب تیماری عدم تنش × متانول ۲۵ درصد حجمی حاصل شد (شکل ۴-۱۷). احتمالاً متانول با افزایش سطح و دوام برگ (احیایی و همکاران،۱۳۸۹) موجب افزایش وزن خشک برگ شده است.



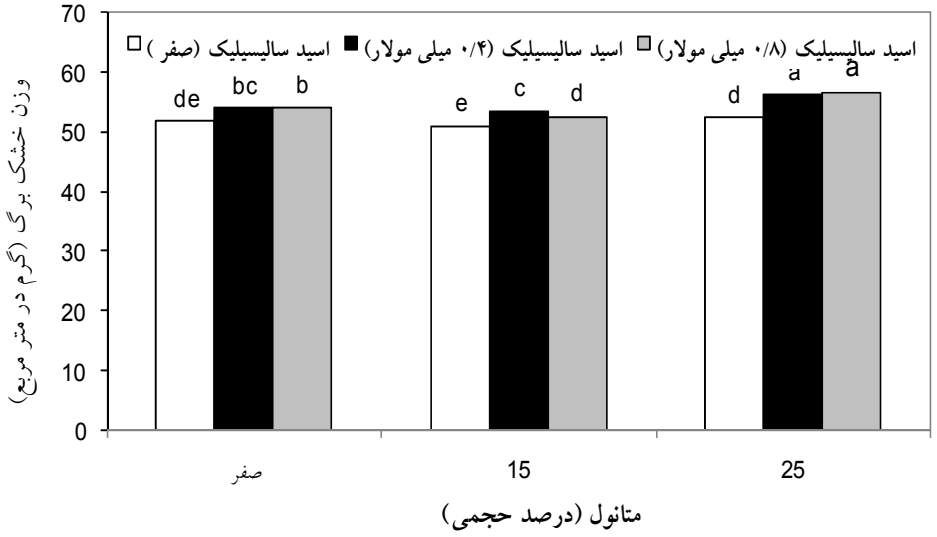
شکل ۴-۱۷- تغییرات وزن خشک برگ تحت تأثیر غلظت‌های مختلف متانول در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش در ۹۰ روز پس از کاشت

با توجه به نتایج بیشترین و کمترین وزن خشک برگ (به ترتیب ۵۹/۹۶ و ۴۵/۱۴ گرم در متر مربع) در غلظت ۰/۸ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک در شرایط عدم تنش و غلظت صفر اسید سالیسیلیک در شرایط تنش به دست آمد (شکل ۴-۱۸). گزارش شده است که اسید سالیسیلیک از طریق افزایش تقسیم سلولی در مریستم رأس ریشه موجب افزایش اندام هوایی گیاه می‌شود (مظاهری تیرانی و منوچهری کلانتری، ۱۳۸۶) که احتمالاً به دلیل افزایش قدرت جذب مواد غذایی توسط ریشه بوده است. در این تحقیق افزایش غلظت اسید سالیسیلیک در شرایط تنش نسبت به عدم تنش تأثیر بیشتری روی وزن خشک برگ داشته است به طوری‌که در شرایط تنش وزن خشک برگ در اسید سالیسیلیک ۰/۸ میلی‌مولار ۸/۱ درصد بیشتر از غلظت صفر میلی‌مولار بود و در شرایط عدم تنش این مقدار افزایش برابر ۳/۳ درصد بود. البته اختلاف قابل توجهی بین غلظت‌های ۰/۸ و ۰/۴ میلی‌مولار به ویژه در شرایط تنش وجود نداشت (شکل ۴-۱۸).



شکل ۴-۱۸- تغییرات وزن خشک برگ تحت تأثیر غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش در ۹۰ روز پس از کاشت

در گیاهانی که ترکیب تیماری ۲۵ درصد متانول و اسید سالیسیلیک ۰/۸ و ۰/۴ میلی‌مولار را دریافت کرده بودند، تجمع ماده خشک برگ به مراتب بیشتر از سایر ترکیبات تیماری بود. به طوری که بین بیشترین وزن خشک برگ ثبت شده (۵۶/۳۹ گرم در متر مربع) تحت شرایط اسید سالیسیلیک ۰/۸ میلی‌مولار × متانول ۲۵ درصد حجمی و کمترین وزن خشک برگ به دست آمده (۵۰/۸۳ گرم در متر مربع) تحت شرایط اسید سالیسیلیک صفر × متانول ۱۵ درصد حجمی حدود ۵/۶ گرم در متر مربع اختلاف وجود داشت (شکل ۴-۱۹). این نتیجه نشان می‌دهد که کاربرد توأم متانول و اسید سالیسیلیک با غلظت‌های بالا موجب افزایش معنی‌دار وزن خشک برگ می‌شود. البته در دو غلظت دیگر متانول (صفر و ۱۵ درصد حجمی) نیز محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک موجب بهبود ماده خشک برگ گردید که از لحاظ آماری معنی‌دار نیز بود. در هر سه غلظت متانول اختلاف وزن خشک برگ تحت غلظت‌های صفر و ۰/۸ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک معنی‌دار بود به گونه‌ای که این اختلاف در متانول صفر، ۱۵ و ۲۵ درصد حجمی به ترتیب برابر ۴/۳۲، ۳/۲۴ و ۷/۹ درصد بود.



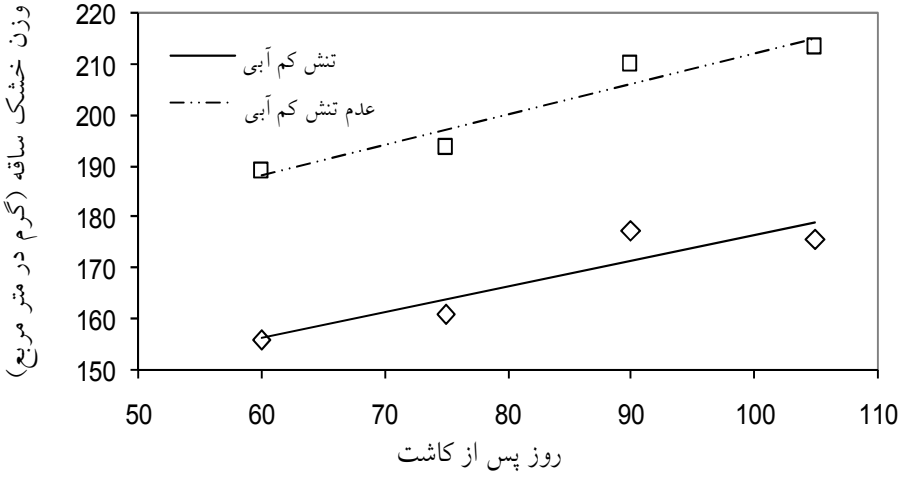
شکل ۴-۱۹- تغییرات وزن خشک برگ تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های مختلف متانول و اسید سالیسیلیک در ۹۰ روز پس از کاشت

۴-۱-۵-۲- وزن خشک ساقه

وزن خشک ساقه در مرحله‌ی ۹۰ روز پس از کاشت به طور معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد تحت تأثیر تمامی اثرات اصلی و اثر متقابل آن‌ها قرار گرفت (جدول پیوست ۴).

در طول دوره‌ی رشد تجمع ماده خشک در ساقه به صورت خطی افزایش نشان داد (شکل ۴-۲۰). در تمامی مراحل نمونه‌برداری وزن خشک ساقه در شرایط عدم تنش کم‌آبی اختلاف معنی‌داری با شرایط تنش نشان داد (شکل ۴-۲۰). در شرایط عدم تنش به دلیل رطوبت کافی در خاک عناصر موجود در خاک نسبت به شرایط تنش قابل دسترس‌تر برای گیاه است. در نتیجه با افزایش جذب این مواد توسط ریشه، وزن خشک اندام هوایی نسبت به شرایط تنش بیشتر خواهد بود. علاوه بر این گیاه در شرایط مواجهه با تنش اسیمیلات بیشتری را جهت رشد عمقی ریشه‌ها اختصاص می‌دهد که به ضرر اندام هوایی تمام خواهد شد و به این ترتیب ماده خشک ساقه در این شرایط کاهش خواهد یافت. بررسی‌های مختلف (امام و زواره‌ای، ۲۰۰۵؛ ماندری و بیکر، ۲۰۰۲) نشان داده است که رشد گیاه

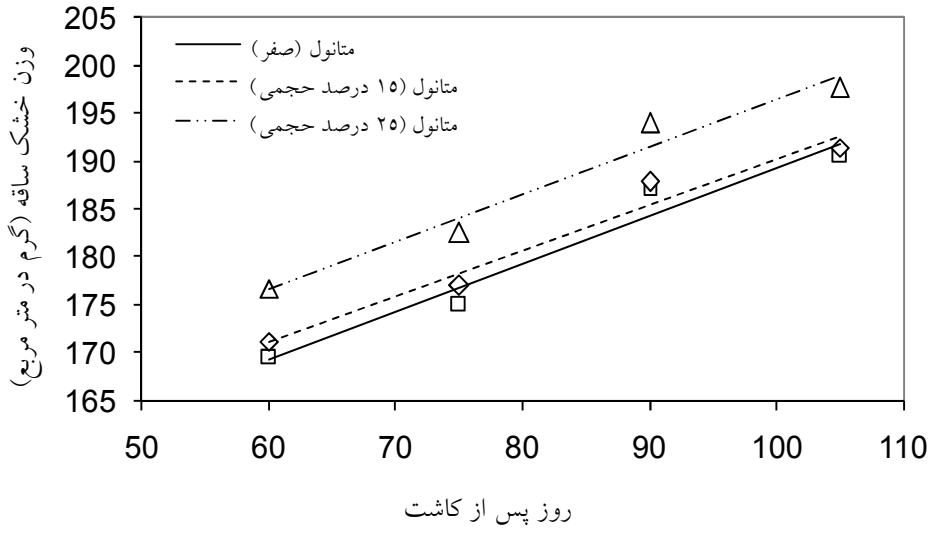
تحت تأثیر فرآیندهای مختلف فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی از قبیل فتوسنتز، تنفس، انتقال مواد، جذب یون و متابولیسم مواد غذایی قرار می‌گیرد که این فرآیندها رابطه مستقیم با میزان آب قابل دسترس و تداوم آن دارد. به نظر می‌رسد با کاهش پتانسیل آب خاک، پتانسیل آب گیاه و به تبع آن پتانسیل فشاری لازم برای توسعه سلول و تقسیم آن فراهم نمی‌باشد به طوری که سرعت رشد و سرعت تقسیم سلولی گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد.



شکل ۴-۲۰- روند تغییرات وزن خشک ساقه تحت شرایط تنش و عدم تنش کم‌آبی

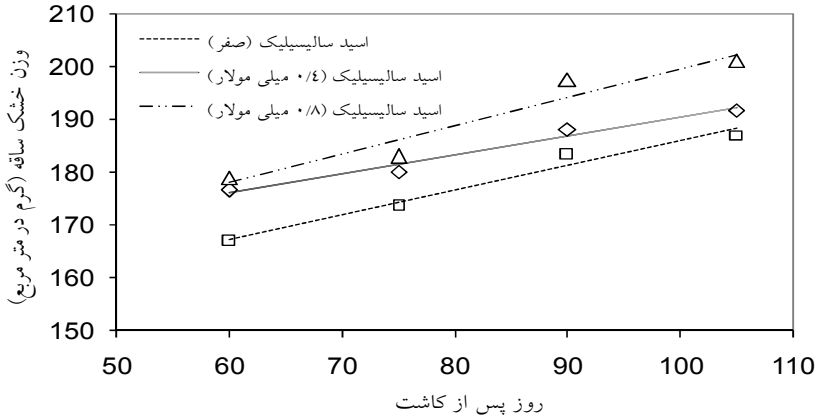
وزن خشک ساقه تحت تأثیر غلظت‌های مختلف متانول نیز در طول دوره‌ی رشد به صورت خطی افزایش نشان داد. با توجه به شکل ۴-۲۱ در فاصله‌ی ۶۰ تا ۱۰۵ روز پس از کاشت (محدوده نمونه‌برداری) اختلاف وزن خشک ساقه در غلظت ۲۵ درصد حجمی با غلظت‌های صفر و ۱۵ درصد قابل توجه بود. به نظر می‌رسد متانول با کاهش اثر تنش و نیاز آبی گیاه موجب افزایش وزن خشک ساقه شده است. گزارش شده است که محلول‌پاشی متانول سبب افزایش وزن خشک ساقه در آفتاب‌گردان شده است (هرناندز و همکاران، ۲۰۰۰). مهم‌ترین فایده‌ی متانول جلوگیری و کاهش اثر تنش‌های القاء شده به گیاهان زراعی در اثر انجام تنفس نوری در آن‌ها است (صفرزاده ویشگاهی،

۱۳۸۶). مشابه با این نتایج راو و همکاران (۱۹۹۴) در تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که محلول‌پاشی متانول موجب افزایش وزن خشک ساقه در گوجه‌فرنگی می‌شود.



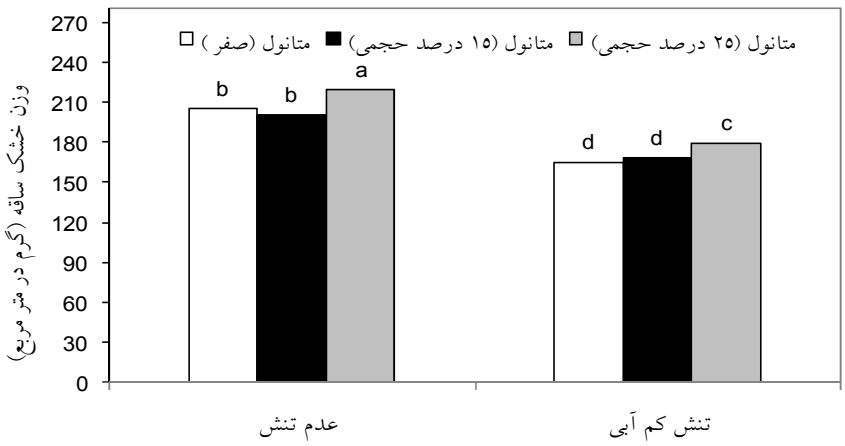
شکل ۴-۲۱- روند تغییرات وزن خشک ساقه تحت تأثیر غلظت‌های مختلف متانول

با توجه به نتایج به دست آمده در تمام مراحل نمونه‌برداری محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک و افزایش غلظت آن موجب بهبود وزن خشک ساقه گردید (شکل ۴-۲۲). احتمال می‌رود کاربرد خارجی اسید سالیسیلیک با افزایش کارایی مصرف آب و کاهش اثر تنش کم‌آبی موجب بالارفتن وزن خشک اندام هوایی می‌شود. گزارش شده است که محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک موجب افزایش سرعت فتوسنتز، غلظت دی‌اکسید کربن درونی، کارایی مصرف آب، هدایت روزنه‌ای و نسبت تعرق در کلزا شد (فریدالدین و همکاران، ۲۰۰۳).



شکل ۴-۲۲- روند تغییرات وزن خشک ساقه تحت تأثیر غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک

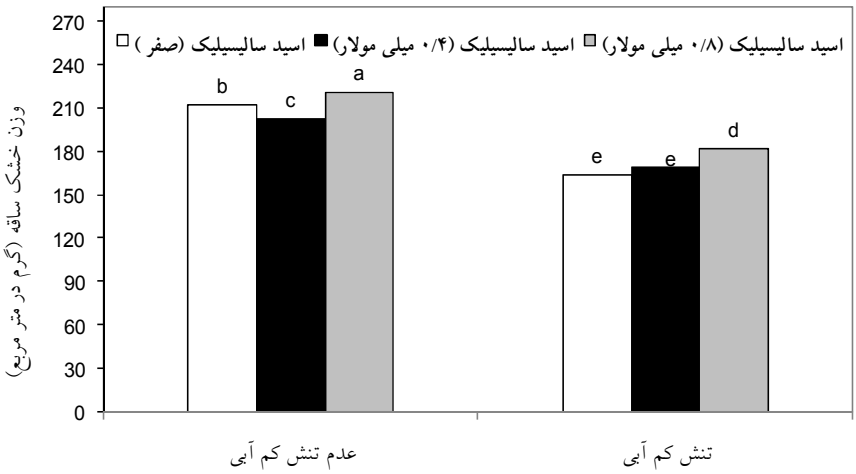
در تأثیر متقابل تنش × متانول، بیشترین وزن خشک ساقه (۲۱۹/۷۵ گرم در متر مربع) در شرایط عدم تنش کم‌آبی و متانول ۲۵ درصد حجمی و کمترین آن (۱۶۵/۳۲ گرم در متر مربع) در شرایط تنش کم‌آبی و عدم مصرف متانول به دست آمد (شکل ۴-۲۳). در هر دو شرایط تنش و عدم تنش وزن خشک ساقه در متانول ۲۵ درصد حجمی اختلاف معنی‌داری با عدم محلول‌پاشی داشت، این اختلاف در شرایط عدم تنش و تنش به ترتیب برابر ۷/۰۴ و ۸/۶ درصد بود. این در حالی است که در هر دو شرایط بین غلظت‌های ۱۵ درصد و صفر اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد.



شکل ۴-۲۳- مقایسه وزن خشک ساقه تحت تأثیر غلظت‌های مختلف متانول در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش در ۹۰ روز پس از کاشت

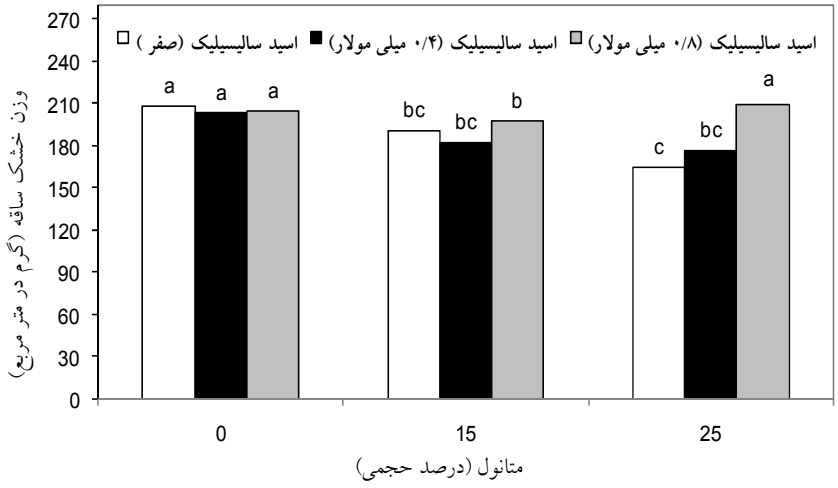
با توجه به نتایج مقایسه میانگین داده‌ها بالاترین (۲۲۱/۱۲ گرم در متر مربع) و پایین‌ترین (۱۶۳/۴۷ گرم در متر مربع) وزن ساقه به ترتیب در تیمار عدم تنش×اسیدسالیسیلیک ۰/۸ میلی‌مولار و تیمار تنش کم‌آبی×اسید سالیسیلیک صفر میلی‌مولار مشاهده شد (شکل ۴-۲۴).

نتایج مقایسه‌ی میانگین‌ها نشان داد که در هر دو شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش محلول‌پاشی با بالاترین غلظت اسید سالیسیلیک منجر به افزایش معنی‌دار در وزن ساقه گردید. وزن خشک ساقه در غلظت ۰/۸ میلی‌مولار در شرایط عدم تنش و تنش به ترتیب معادل ۲۲۱/۱۲ و ۱۸۱/۸۷ گرم در متر مربع به دست آمد که نسبت به عدم محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک در همین شرایط به ترتیب ۴/۲۲ و ۱۱/۲۵ درصد افزایش نشان داد. محلول‌پاشی با غلظت ۰/۴ میلی‌مولار در شرایط عدم تنش تأثیر منفی داشت و به طور معنی‌داری ماده خشک ساقه را کاهش داد ولی در شرایط تنش منجر به افزایش جزئی و غیر معنی‌دار گردید. نتایج به دست آمده برای وزن خشک ساقه شباهت زیادی به نتایج ارتفاع بوته (شکل ۴-۸) داشت. احتمال می‌رود افزایش سرعت فتوسنتز به سبب محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک باشد موجب افزایش ارتفاع بوته شده است. با افزایش در ارتفاع بوته، وزن خشک ساقه نیز افزایش یافته است. گزارش شده است که تیمار گیاهان با اسید سالیسیلیک تقسیم یاخته‌ای را در مرسیتم رأس ریشه افزایش داده و بر رشد گیاه می‌افزاید. افزایش رشد گیاه و ارتفاع بوته باعث افزایش وزن خشک ساقه می‌گردد (شکیرووا و ساهاباتدینوا، ۲۰۰۳).



شکل ۴-۲۴- مقایسه وزن خشک ساقه تحت تأثیر غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش در ۹۰ روز پس از کاشت

گیاهانی که هر دو تیمار متانول و اسید سالیسیلیک را با بالاترین غلظت دریافت کردند، بیشترین وزن خشک ساقه را معادل ۲۰۹/۵۴ گرم در متر مربع نشان دادند که البته اختلاف معنی‌داری با هر سه سطح اسید سالیسیلیک در غلظت صفر متانول نداشت. در مقابل کمترین وزن خشک ساقه (۱۶۵/۱۵ گرم در متر مربع) در گیاهانی مشاهده شد که فقط توسط متانول ۲۵ درصد حجمی محلول‌پاشی شده بودند (شکل ۴-۲۵). این نتیجه نشان می‌دهد که کاربرد توأم متانول و اسید سالیسیلیک با غلظت‌های بالا موجب افزایش معنی‌دار وزن خشک ساقه می‌شود. در غلظت صفر متانول، وزن خشک ساقه با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک کاهش یافت ولی این کاهش به اندازه‌ای کم بود که اختلاف آن‌ها معنی‌دار نگردید.



شکل ۴-۲۵- مقایسه وزن خشک ساقه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های مختلف متانول و اسید سالیسیلیک در ۹۰ روز پس از کاشت

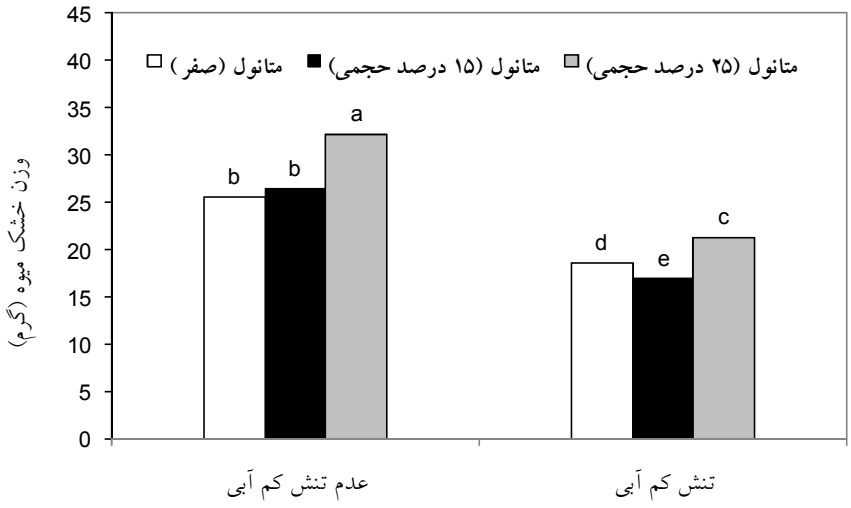
در غلظت ۱۵ درصد حجمی نیز اختلاف بین وزن خشک ساقه در غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک اختلاف معنی‌داری نداشت. در غلظت ۲۵ درصد حجمی اختلاف آماری بین غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک مشاهده گردید به طوری که بیشترین میزان وزن خشک ساقه (۲۰۹/۵۴ گرم در متر مربع) در غلظت ۰/۸ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک × متانول ۲۵ درصد حجمی حدود ۲۶/۸۷ درصد نسبت به کمترین میزان مشاهده شده (۱۶۵/۱۵ گرم در متر مربع) در غلظت صفر اسید سالیسیلیک × متانول ۲۵ درصد حجمی افزایش داشت (شکل ۴-۲۵).

۴-۱-۵-۳- وزن خشک میوه

وزن خشک میوه تحت تأثیر تنش، متانول و اسید سالسیلیک قرار گرفت. از میان اثرات متقابل نیز اثر متقابل تنش × متانول، تنش × اسید سالیسیلیک و متانول × اسید سالیسیلیک در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول پیوست ۵).

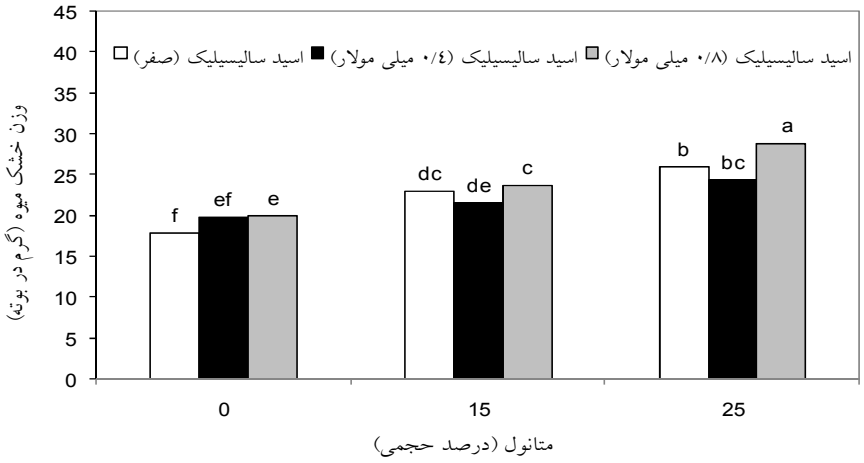
با توجه به مقایسه میانگین داده‌ها بیشترین وزن خشک میوه (۳۲/۱۳ گرم در متر مربع) در شرایط عدم تنش و متانول ۲۵ درصد حجمی و کمترین وزن خشک میوه (۱۶/۸۵ گرم در متر مربع) در شرایط تنش و متانول ۱۵ درصد حجمی مشاهده گردید (شکل ۴-۲۶).

در مقایسه‌ی شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش در تمام غلظت‌های متانول وزن خشک میوه در شرایط عدم تنش دارای بیشترین مقدار بود. به نظر می‌رسد در شرایط تنش با کاهش سطح فتوسنتزکننده (برگ) و در نتیجه کاهش مواد فتوسنتزی منتقل شده به اندام زایشی، وزن خشک میوه کاهش یافته است. از آنجا که با کاهش محتوای رطوبت خاک، پسابیدگی پروتوپلاسم توأم با کاهش آماس سلول اتفاق می‌افتد، اندازه سلول و سرعت تقسیم سلولی روند کاهشی پیدا خواهد کرد که منجر به کاهش میزان رشد و سطح فتوسنتزکننده گیاه می‌شود. مطابق با این نتایج گلدانی (۱۳۸۹) گزارش کرده است که در اثر تنش خشکی اندازه و تعداد کپسول در گیاه کنجد تحت تأثیر قرار گرفته است و همان‌طور که کمبود آب موجب کاهش رشد و تقسیم سلول می‌گردد، وزن خشک کپسول را نیز کاهش می‌دهد. در این مطالعه در هر دو شرایط تنش و عدم تنش کم‌آبی، محلول‌پاشی متانول سبب افزایش وزن خشک میوه (به استثنای متانول ۱۵ درصد حجمی در شرایط تنش) گردید (شکل ۴-۲۶). به نظر می‌رسد این افزایش در وزن خشک میوه به علت افزایش در تعداد کپسول در بوته (شکل ۴-۳۱)، تعداد دانه در بوته (شکل ۴-۳۳) و وزن هزاردانه (شکل ۴-۳۴) بوده است. افزایش وزن هزاردانه را می‌توان ناشی از افزایش تخصیص مواد فتوسنتزی به سمت غلاف‌های درحال رشد و همچنین افزایش سرعت رشد غلاف به دلیل تأمین CO_2 مورد نیاز برای فتوسنتز گیاه دانست (ویشگاهی و همکاران، ۲۰۰۸). مشابه با این نتایج گزارش شده است که کاربرد متانول در پنبه سبب افزایش وزن غوزه‌ها و ماندگاری آن‌ها شده است (احیایی و همکاران، ۱۳۸۹).



شکل ۴-۲۶- مقایسه وزن خشک میوه تحت تأثیر غلظت‌های مختلف متانول در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش در ۹۰ روز پس از کاشت

در مجموع در شکل ۴-۲۷ نیز مشاهده می‌گردد که وزن خشک میوه در گیاهان محلول‌پاشی شده با بالاترین غلظت متانول (۲۵ درصد حجمی) به طور قابل توجهی بیشتر از دو سطح دیگر متانول است. در هر سه سطح متانول محلول‌پاشی با غلظت ۰/۸ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک موجب افزایش در ماده خشک میوه گردید. در حالی که در دو سطح ۱۵ و ۲۵ درصد حجمی متانول، محلول‌پاشی با غلظت ۰/۴ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک موجب کاهش (البته غیر معنی‌دار) در وزن خشک میوه شد. در مجموع بیشترین میزان وزن خشک میوه (۲۸/۸۲ گرم) تحت تأثیر محلول‌پاشی توأم متانول و اسید سالیسیلیک، در غلظت متانول ۲۵ درصد حجمی و اسید سالیسیلیک ۰/۸ میلی‌مولار به دست آمد (شکل ۴-۲۷). به نظر می‌رسد بالا بودن وزن خشک میوه در این ترکیب تیماری به دلیل بالا بودن تعداد کپسول در بوته بوده است. چون از بین اجزای عملکرد تنها تعداد کپسول در بوته تحت تأثیر محلول‌پاشی توأم متانول و اسید سالیسیلیک قرار گرفت (شکل ۴-۳۲). به این ترتیب با افزیش تعداد کپسول در بوته با محلول‌پاشی متانول ۲۵ درصد و اسید سالیسیلیک ۰/۸ میلی‌مولار و افزایش وزن خشک میوه، عملکرد دانه نیز افزایش یافته است.



شکل ۴-۲۷- مقایسه وزن خشک میوه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های مختلف متانول و اسید سالیسیلیک در ۹۰ روز پس از کاشت

۴-۲- عملکرد

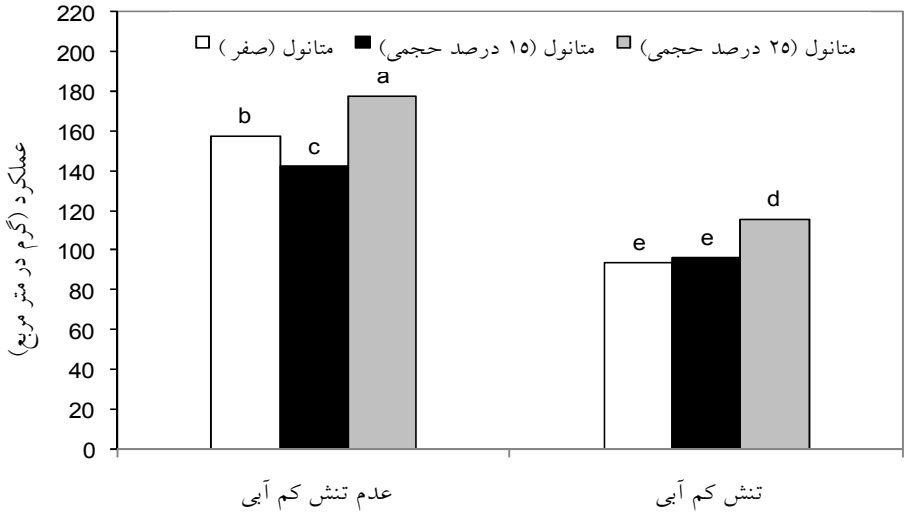
تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تنش کم‌آبی، غلظت‌های مختلف متانول و اسید سالیسیلیک، همچنین اثر متقابل‌های دو جانبه‌ی تنش × متانول و تنش × اسید سالیسیلیک و متانول × اسید سالیسیلیک بر عملکرد دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول پیوست ۶).

به طور کلی عملکرد دانه در بوته‌هایی که با فواصل ۲۵ روز آبیاری شدند، به طور قابل توجهی کمتر از بوته‌هایی بود که با فواصل ۱۵ روز آبیاری شده بودند (شکل‌های ۴-۲۸ و ۴-۲۹). بر اساس نتایج مقایسه میانگین محلول‌پاشی با غلظت کم متانول در شرایط عدم تنش کم‌آبی موجب کاهش ۲۰ گرمی در میزان عملکرد در واحد سطح گردید. در حالیکه افزایش غلظت متانول محلول‌پاشی شده (۲۵ درصد حجمی) نه تنها این افت را جبران کرد بلکه عملکرد را به طور قابل توجهی ارتقاء بخشید. در گیاهان قرار گرفته در معرض تنش نیز محلول‌پاشی با متانول ۱۵ درصد اثری در تخفیف شدت تنش نداشت در حالی که غلظت ۲۵ درصد موجب افزایش عملکرد در این شرایط شد. در مجموع میزان عملکرد در گیاهانی که محلول‌پاشی نشده بودند، در شرایط عدم تنش و تنش کم‌آبی به ترتیب ۱۵۷/۵۶ و ۹۳/۶۵ گرم در متر مربع بود و با محلول‌پاشی متانول ۲۵ درصد حجمی این میزان به

۱۷۷/۶۸ و ۱۱۵/۳۸ گرم در متر مربع رسید یعنی به ترتیب افزایش ۱۲/۷۶ و ۲۳/۱۸ درصدی در عملکرد اتفاق افتاد (شکل ۴-۲۸). به نظر می‌رسد کاربرد متانول موجب افزایش دسترسی گیاه به کربن حاصل از تجزیه متانول و کاهش تنفس نوری در گیاهان تیمار شده می‌شود که این موارد سبب افزایش عملکرد می‌گردد. عموماً نقش اصلی این ماده جلوگیری از اثرات منفی تنش‌ها روی گیاهان از طریق کاهش تنفس نوری است (میرآخوری و همکاران، ۲۰۰۹). به این ترتیب ۲۵ درصد از هدررفت کربن در طول تنفس نوری نیز کاهش می‌یابد (صفرزاده ویشگاهی، ۲۰۰۵)، زیرا متانول پس از جذب‌شدن توسط گیاه به سرعت در بافت گیاه به CO_2 تبدیل می‌شود (میرآخوری و همکاران، ۲۰۰۹). در بررسی انجام شده روی گیاه سویا توسط میرآخوری و همکاران (۲۰۰۹)، گزارش شده است که محلول‌پاشی متانول عملکرد سویا را با افزایش ظرفیت فتوسنتزی در مرحله‌ی زایشی گیاه افزایش می‌دهد که ناشی از افزایش در مقدار CO_2 است، در این آزمایش اگرچه محلول‌پاشی متانول تأثیر معنی‌داری روی عملکرد دانه سویا و وزن هزار دانه داشت ولی تأثیر آن روی شاخص برداشت معنی‌دار نبود. نامبردگان همچنین اظهار داشتند که از بین غلظت‌های مورد مطالعه، محلول‌پاشی با متانول ۲۵ درصد حجمی تأثیر بیشتری در افزایش عملکرد دانه در مقایسه با شاهد داشته است، که این افزایش عملکرد به‌واسطه‌ی افزایش وزن هزار دانه و تعداد غلاف در هر بوته بوده است. راه‌هایی که موجب افزایش تثبیت CO_2 در گیاهان زراعی می‌شوند، می‌تواند به‌عنوان راه‌کارهای مناسب برای افزایش عملکرد و زیست‌توده گیاهان زراعی مورد استفاده قرار گیرند (احیایی و همکاران، ۱۳۸۹). بررسی‌های اخیر نشان داده است که عملکرد و رشد گیاهان C_3 به‌واسطه‌ی محلول‌پاشی متانول افزایش یافته است، متانول ممکن است در این گیاهان به‌عنوان منبع کربن عمل کند (مخدوم و همکاران، ۲۰۰۲).

محققان دریافتند که محلول‌پاشی ۲۵ درصد حجمی متانول روی قسمت‌های هوایی بادام‌زمینی موجب افزایش عملکرد دانه، وزن ۱۰۰ دانه، تعداد غلاف رسیده و مقدار پروتئین دانه‌ی بادام‌زمینی شد. همچنین مطالعات مختلف روی گیاهان گوجه‌فرنگی، لوبیا، چغندرقند و کلزا نشان داده است که

گیاهانی که با متانول ۲۵ درصد محلول‌پاشی شده‌اند ۱۲ تا ۱۳ درصد محصول بیشتری نسبت به گیاهان شاهد تولید کردند و این گیاهان به میزان کمتری به کمبود آب حساس بودند (صفرزاده ویشگاهی و همکاران، ۲۰۰۸). رامیز و همکاران (۲۰۰۶) نیز بیان داشتند که محلول پاشی متانول ۲۵ درصد حجمی روی قسمت‌های هوایی توتون سبب افزایش عملکرد این گیاه شده است.



شکل ۴-۲۸- مقایسه عملکرد دانه تحت تأثیر غلظت‌های مختلف متانول در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش

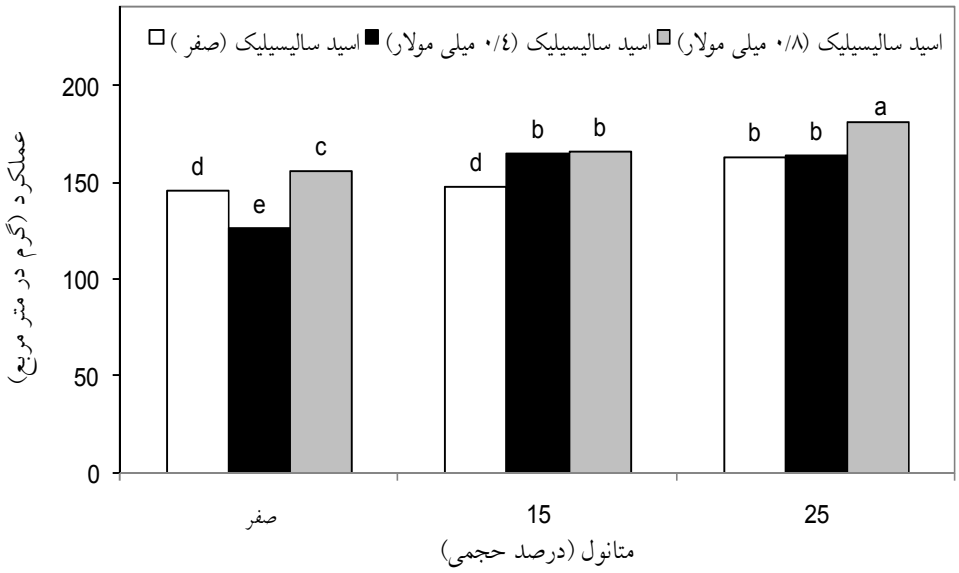
در شکل ۴-۲۹ تأثیر غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک بر عملکرد دانه نمایش داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌گردد بالاترین عملکرد در هر دو شرایط عدم تنش و تنش (به ترتیب ۱۷۱/۷ و ۱۰۲/۹ گرم در مترمربع) در غلظت ۰/۸ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک به‌دست آمد. گزارش شده است که اسید سالسیلیک با غلظت ۰/۸ میلی مولار سبب افزایش عملکرد در گندم و لوبیا چشم بلبلی شده است (باسو و همکاران، ۱۹۹۶). اسید سالیسیلیک معمولاً با اثر بر هورمون‌های آبسیزیک اسید (سنارانتا و همکاران، ۲۰۰۲) و اتیلن (ژانگ و همکاران، ۲۰۰۲) بسیاری از روندهای فیزیولوژیکی و رشد گیاه را تنظیم می‌کند، از جمله با اثر بر آبسیزیک اسید و تجمع این هورمون در گیاه، موجب خوگیری گیاهان نسبت به تنش‌های محیطی می‌شود (شاکیروا و ساهاباتدینوا، ۲۰۰۳)، که نتیجه آن

جلوگیری از کاهش عملکرد است. در مطالعه حاضر افزایش عملکرد دانه در مترمربع در غلظت اسید سالیسیلیک ۰/۸میلی‌مولار نسبت به عدم مصرف آن (در شرایط عدم تنش و تنش) به ترتیب برابر ۹ و ۷ درصد بود (شکل ۴-۲۹). از بین اجزای عملکرد، وزن هزاردانه تحت تأثیر اسید سالیسیلیک قرار نگرفت بنابراین احتمالاً نتیجه به دست آمده حاصل از تأثیر این ماده بر دو جزء دیگر یعنی تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول بوده است (جدول پیوست ۶، شکل ۴-۳۱ و شکل ۴-۳۲).

شکل ۴-۲۹- مقایسه عملکرد دانه تحت تأثیر غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش

در شرایط کاربرد توأم متانول و اسید سالیسیلیک مشاهده گردید که با افزایش در غلظت این دو ماده عملکرد دانه افزایش یافت، به طوری‌که بیشترین مقدار عملکرد (۱۵۰ گرم در مترمربع) مربوط به ترکیب تیماری متانول ۲۵ درصد حجمی و اسیدسالسیلیک ۰/۸ میلی‌مولار و کمترین مقدار عملکرد (۱۰۰ گرم در مترمربع) مربوط به زمانی بود که محلول‌پاشی متانول صورت نگرفته و غلظت اسید سالیسیلیک ۰/۴ میلی‌مولار بود. با توجه به نتایج، با محلول‌پاشی متانول و اسید سالیسیلیک و در غلظت ۲۵ درصد حجمی متانول و اسید سالیسیلیک ۰/۸ میلی‌مولار نسبت به تیمار با غلظت ۱۵

درصد حجمی متانول و اسید سالیسیلیک ۰/۴ میلی‌مولار مقدار عملکرد در حدود ۳۰ گرم در مترمربع افزایش یافت (شکل ۴-۳۰).



شکل ۴-۳۰- مقایسه عملکرد دانه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های مختلف متانول و اسید سالیسیلیک

۴-۳- اجزای عملکرد

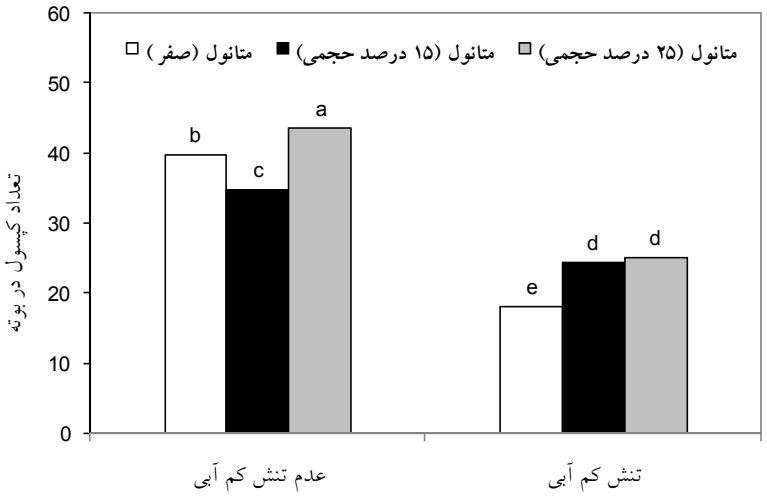
۴-۳-۱- تعداد کپسول در بوته

تعداد کپسول در بوته تحت تأثیر تنش، اسید سالیسیلیک و متانول (P<۰/۰۱) و اثر متقابل تنش × متانول و همچنین اثر متقابل متانول × اسید سالسیلیک قرار گرفت (جدول پیوست ۶).

با توجه به نتایج مقایسه میانگین داده‌ها، مشاهده می‌گردد که تعداد کپسول در بوته در هر دو شرایط تنش و عدم تنش کم‌آبی با افزایش غلظت متانول، افزایش یافته است (به‌استثنای متانول ۱۵ درصد در شرایط عدم تنش) البته در شرایط تنش تفاوتی بین دو غلظت متانول از لحاظ تأثیر این جزء بر عملکرد مشاهده نشد (شکل ۴-۳۱). تعداد کپسول در بوته با متانول ۲۵ درصد حجمی در دو شرایط

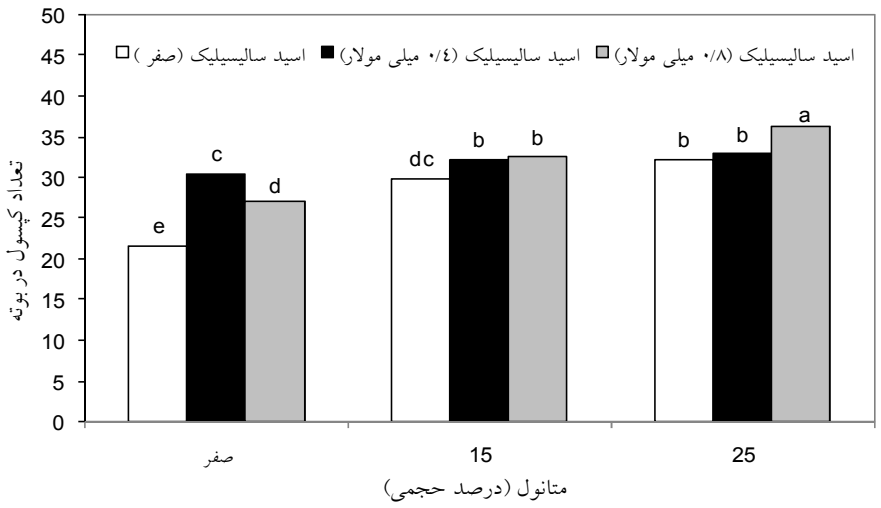
تنش و عدم تنش، به ترتیب به ۲۵ و ۴۳ کپسول در بوته رسید که در مقایسه با متانول صفر درصد در این دو شرایط، به ترتیب ۳۳/۴ و ۹/۵ درصد افزایش نشان داد. این نتیجه نشان می‌دهد کاربرد متانول در شرایط تنش کم‌آبی با افزایش تعداد کپسول در بوته به‌طور قابل ملاحظه‌ای موجب افزایش عملکرد می‌شود (همچنان‌که در عملکرد دانه مشاهده شد). بر اثر تنش کم‌آبی، مقدار فتوسنتز خالص به دلیل کاهش ورود CO_2 به واسطه بسته شدن روزنه‌ها و تأثیر مستقیم خشکی بر سیستم فتوسنتزی، کاهش می‌یابد که در این شرایط، از میزان هیدرات‌های کربن (قندها) کاسته می‌شود. متانول از جمله موادی است که به لحاظ داشتن اکسیژن، کربن و هیدروژن در فرمول شیمیایی خود موجب افزایش در تثبیت CO_2 در گیاهان زراعی در واحد سطح می‌شود و به این علت با افزایش متانول بر تعداد غلاف در بوته افزوده شده است تا کاهش عملکرد جبران گردد. مشابه با این نتایج صفرزاده ویشگاهی و همکاران (۲۰۰۸) بیان داشتند که محلول‌پاشی ۲۵ درصد حجمی متانول روی قسمت‌های هوایی بادام زمینی باعث افزایش تعداد غلاف در بوته بادام زمینی شده است.

با مقایسه‌ی تأثیر متانول روی ارتفاع تا اولین گره‌ی میوه‌دهنده و تعداد کپسول در بوته مشاهده شد که این دو صفت روندی کاملاً عکس یکدیگر دارند، به‌طوری که در اثر استفاده از متانول به‌سبب کاهش طول دوره‌ی رویشی و افزایش دوره‌ی زایشی ارتفاع تا اولین گره‌ی میوه‌دهنده کاهش و در مقابل تعداد کپسول در بوته افزایش یافته است (شکل ۴-۱۰ و ۴-۳۱)



شکل ۴-۳۱- مقایسه تعداد کپسول در بوته تحت تأثیر غلظت‌های مختلف متانول در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش

نتایج مقایسه‌ی میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین تعداد کپسول در بوته (۳۶ کپسول در بوته) مربوط به ترکیب تیماری اسید سالسیلیک ۰/۸ میلی‌مولار و متانول ۲۵ درصد حجمی و کمترین تعداد (۲۱ کپسول در بوته) مربوط به شرایط عدم محلول‌پاشی متانول و اسید سالیسیلیک بود. در این آزمایش مشاهده شد که در هر سطح متانول با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک تعداد کپسول در بوته افزایش یافت. البته در شرایط عدم حضور متانول، غلظت پایین‌تر اسید سالیسیلیک (۰/۴ میلی‌مولار) تأثیر بیشتری بر تعداد کپسول در بوته داشت. افزایش غلظت اسید سالیسیلیک در این شرایط موجب کاهش صفت مذکور گردید هر چند نسبت به شاهد به طور معنی‌داری بیشتر بود (شکل ۴-۳۲). به این ترتیب با افزیش تعداد کپسول در بوته با محلول‌پاشی متانول ۲۵ درصد و اسید سالیسیلیک ۰/۸ میلی‌مولار عملکرد دانه نیز افزایش یافته است (شکل ۴-۳۲ و ۴-۳۰). این نتایج اثر متقابل مثبت را بین متانول و اسید سالیسیلیک نشان داد.



شکل ۴-۳۲- مقایسه تعداد کپسول در بوته تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های مختلف متانول و اسید سالیسیلیک

۴-۳-۲- تعداد دانه در کپسول

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تعداد دانه در کپسول تحت تأثیر تنش، متانول و اسید سالسیلیک قرار گرفت و در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. از اثرات متقابل تنها اثر متقابل تنش کم‌آبی × متانول معنی‌دار گردید (جدول پیوست ۶). در جدول ۴-۱ مشاهده می‌گردد که با افزایش غلظت متانول محلول‌پاشی شده روی گیاه از صفر به ۱۵ و سپس ۲۵ درصد حجمی، تعداد دانه در کپسول در هر یک از این غلظت‌ها نسبت به شاهد به ترتیب ۲/۶۶ و ۹/۸۳ عدد معادل ۶/۶ و ۲۴/۵ درصد افزایش یافت و در گروه‌های متفاوتی از لحاظ آماری قرار گرفت. با توجه به این‌که ۲۵ درصد از کربن گیاه صرف تنفس نوری می‌شود، با استفاده از محلول‌پاشی متانول می‌توان مقدار تنفس نوری را به حداقل رساند. علت این امر جذب متانول در گیاه و متابولیزه شدن سریع آن به دی‌اکسید کربن در بافت گیاهی بوده است که ناشی از کوچکی مولکول‌های متانول نسبت به دی‌اکسید کربن است (گوت و همکاران، ۲۰۰۰). مشابه با این نتایج لی و همکاران (۱۹۹۵) نیز بیان کردند که بیشترین تعداد غلاف و تعداد دانه در غلاف در سویا را در تیمار ۲۵ درصد متانول مشاهده کردند.

در این مطالعه مشاهده می‌گردد کپسول گیاهانی که اسید سالیسیلیک دریافت نکردند به طور متوسط ۴۲/۱۶ بذر تولید کرد درحالی‌که محلول‌پاشی با غلظت ۰/۴ و ۰/۸ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک به طور معنی‌دار و به ترتیب با افزایش ۵/۱ و ۹/۹ درصدی نسبت به شاهد، این صفت را بهبود بخشیدند (جدول ۴-۱). مشابه با این نتایج گزارش شده است که کاربرد اسید سالیسیلیک و سایر آنالوگ‌های اسید سالیسیلیک در سویا سبب افزایش تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف گردید (خان و همکاران، ۲۰۰۳).

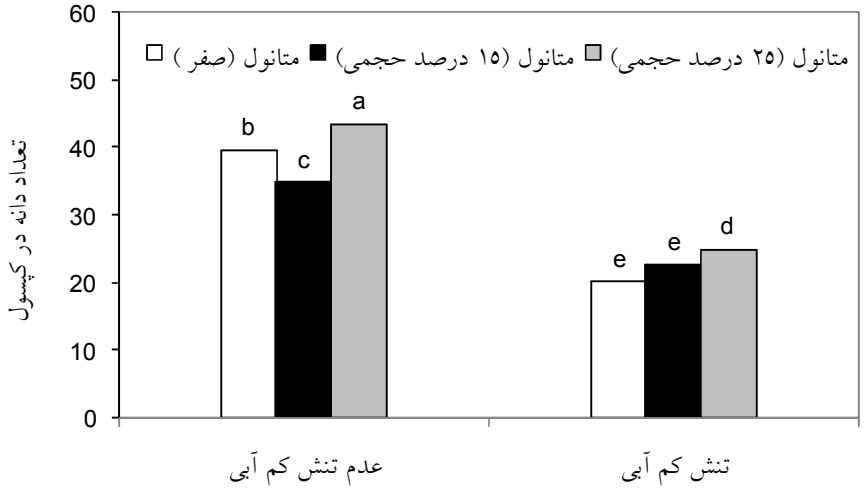
جدول ۴-۱- مقایسه میانگین تعداد دانه در کپسول تحت تأثیر محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف اسید سالسیلیک و متانول

تیمار	تعداد دانه در کپسول
غلظت متانول (درصد حجمی)	
صفر	۴۰/۱۱ c
۱۵	۴۲/۷۷ b
۲۵	۴۹/۹۴ a
غلظت اسید سالیسیلیک (میلی‌مولار)	
صفر	۴۲/۱۶ c
۰/۴	۴۴/۳۳ b
۰/۸	۴۶/۳۳ a

*. حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در شرایط عدم تنش کم‌آبی گیاهانی که اسید سالیسیلیک دریافت نکرده بودند، ۳۹/۶۶ دانه در کپسول تولید کردند که این میزان در گیاهانی که ۰/۸ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک دریافت کردند به ۴۳/۴۴ دانه در کپسول رسید که به میزان ۹/۵۳ درصد افزایش نشان داد و در بین ۶ ترکیب تیماری مقایسه شده در گروه برتر از لحاظ آماری قرار گرفت. در اینجا نیز همانند تعداد کپسول در بوته (شکل ۴-۳۱)، محلول‌پاشی با متانول ۱۵ درصد حجمی روی گیاهانی که در معرض تنش قرار نداشتند، اثر منفی داشت و تعداد دانه در کپسول را به طور متوسط ۵ دانه و به طور معنی‌داری کاهش داد. واکنش یکنواخت این دو جزء از اجزای عملکرد

سبب رقم خوردن نتیجه‌ای مشابه در عملکرد نهایی دانه گردید که در شکل ۴-۲۸ قابل مشاهده است. در شرایط تنش، محلول‌پاشی با متانول ۱۵ درصد حجمی موجب افزایش تعداد دانه در کپسول شد که البته غیر معنی‌دار بود در حالی که افزایش غلظت متانول در این شرایط سبب افزایش ۲۴/۱۹ درصدی در صفت مورد بررسی گردید (شکل ۴-۳۳). از آنجا که مهم‌ترین فایده‌ی متانول جلوگیری و کاهش اثر تنش‌های القاء شده به گیاهان زراعی در اثر انجام تنفس نوری در آن‌ها است (صفرزاده ویشگاهی، ۱۳۸۶). احتمالاً گیاه با کاهش اثر تنش باعث افزایش در بیوماس شده است و علاوه بر انتقال مجدد بیشتر، از طریق افزایش فتوسنتز جاری نیز قادر به حمایت از پر شدن تعداد دانه بیشتری بوده است.



شکل ۴-۳۳- مقایسه تعداد دانه در کپسول تحت تأثیر غلظت‌های مختلف متانول در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش

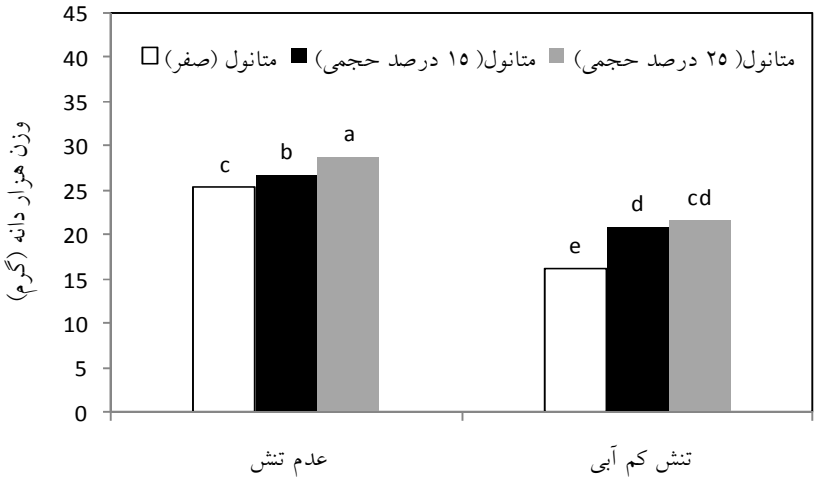
۴-۳-۳- وزن هزار دانه

از بین اثرات اصلی وزن هزار دانه تحت تأثیر تنش کم‌آبی و متانول در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت. همچنین اثر متقابل تنش کم‌آبی × متانول نیز در سطح یک درصد از لحاظ آماری معنی‌دار گردید (جدول پیوست ۶).

نتایج اثر متقابل تنش کم‌آبی × متانول نشان داد که در شرایط تنش کم‌آبی وزن هزار دانه نسبت به شرایط عدم تنش به طور متوسط ۹/۲۲ گرم کمتر است (شکل ۴-۳۴). در بررسی حاضر، کاهش وزن هزار دانه در شرایط کم‌آبی را می‌توان این گونه توجیه کرد که وقوع تنش کم‌آبی در مرحله رشد زایشی (ساقه دهی به بعد) موجب کاهش جذب آب و املاح و در نتیجه، کاهش فتوسنتز برگ و تولید شیره پرورده گردیده است. این وضعیت موجب از بین رفتن اندام‌های زایشی (گل‌ها) و در نتیجه، افزایش آسیب‌پذیری تشکیل دانه در کپسول‌ها در شرایط کم‌آبی می‌گردد. در آغاز پرشدن دانه‌ها که اکثر دانه‌ها در مرحله پرشدن هستند، ادامه ارسال آسیمیلات کافی به همه دانه‌ها مقدور نیست. چرا که در این زمان، فتوسنتز برگ و انتقال مواد فتوسنتزی نیز توسط خشکی کاهش یافته است. از طرفی، در غیاب فتوسنتز جاری، نمو دانه، متکی به آسیمیلات‌های ذخیره‌ای در گیاه است. هر عاملی از جمله انواع تنش‌های محیطی که دوره پرشدن دانه را کوتاه‌تر کند، موجب کاهش تعداد سلول‌های آندوسپرم و در نتیجه موجب کاهش وزن دانه می‌شود (دای و اینتالاپ، ۱۹۹۹).

محلول‌پاشی متانول در هر دو شرایط تنش و عدم تنش سبب افزایش در وزن هزار دانه گردید. از لحاظ تأثیر بر وزن هزار دانه تأثیر مثبت مصرف متانول در هر دو غلظت در شرایط تنش قابل توجه‌تر از شرایط عدم تنش بود. بیشترین وزن هزاردانه در این مطالعه مربوط به غلظت ۲۵ درصد حجمی در شرایط عدم تنش بود (شکل ۴-۳۴). به نظر می‌رسد متانول با کاهش اثرات تنش، باعث افزایش وزن هزاردانه شده است. این نتایج با نتایج صفرزاده ویشکاهی و همکاران (۱۳۸۶) و مادیان وهمکاران (۲۰۰۶) مطابقت دارد. صفرزاده ویشگاهی (۲۰۰۸) بیان داشتند که محلول‌پاشی ۲۵ درصد حجمی متانول بر قسمت‌های هوایی بادام زمینی باعث افزایش وزن هزار دانه در بادام زمینی شده

است. همچنین محلول‌پاشی متانول با غلظت ۲۵ درصد حجمی سبب افزایش وزن هزاردانه در گیاه نخود شده است (احیایی و همکاران، ۱۳۸۹).



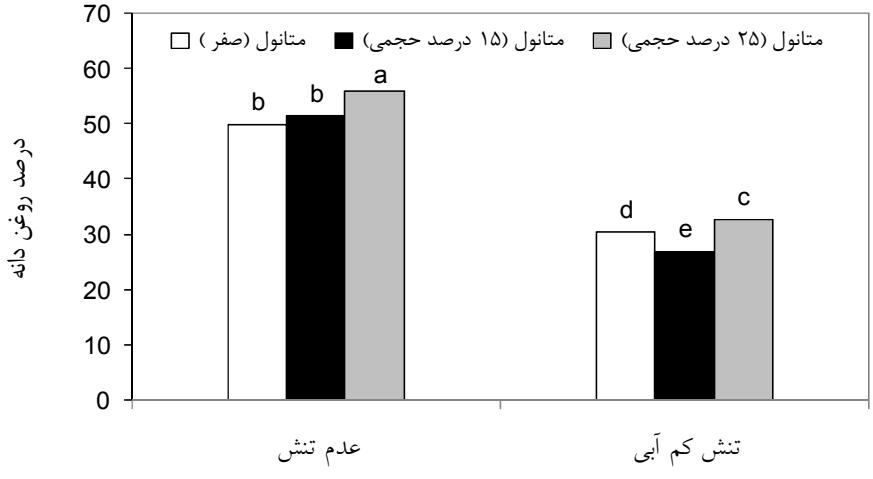
شکل ۴-۳۴- مقایسه وزن هزار دانه تحت تأثیر غلظت‌های مختلف متانول در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش

۴-۴- صفات کیفی

۴-۴-۱- درصد روغن دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که درصد روغن تحت تآثیر تنش کم‌آبی، متانول و اسید سالیسیلیک قرار گرفت. همچنین تمامی اثرات متقابل به جز اثر سه جانبه در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول پیوست ۷). با توجه به نتایج به دست آمده از مقایسه میانگین اثرمتقابل تنش × متانول، بیشترین درصد روغن معادل ۵۵/۸۹ درصد در شرایط عدم تنش و متانول ۲۵ درصد حجمی و کمترین میزان آن معادل ۲۷ درصد در شرایط تنش و متانول ۱۵ درصد حجمی به‌دست آمد (شکل ۴-۳۵). نتایج نشان داد که درصد روغن تحت غلظت‌های مختلف در شرایط عدم تنش بیشتر از شرایط تنش بود. به طور متوسط درصد روغن به دست آمده از گیاهانی که با فواصل ۲۵ روز آبیاری شدند (تنش) ۱۹/۵۳ درصد کمتر از گیاهانی بود که هر ۱۵ روز آبیاری شدند (شکل ۴-۳۵). مشابه با

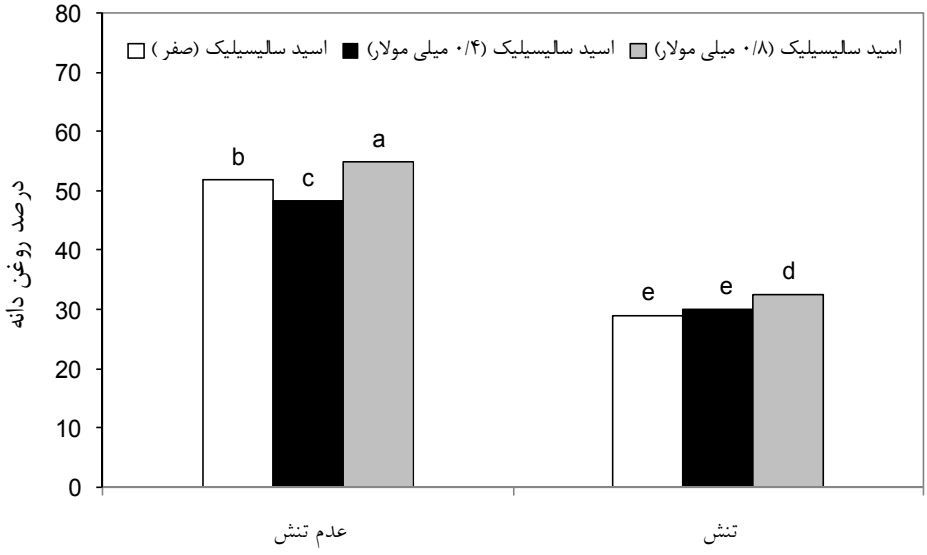
این نتایج گزارش شده است که در اثر اعمال تنش کم‌آبی کاهش محسوسی در درصد روغن دانه‌ی کلزا مشاهده شده است (دانشمند و همکاران، ۱۳۸۸). تنش کم‌آبی مانند دمای بالا، درصد روغن دانه را کاهش می‌دهد، چرا که بر اثر تنش کم‌آبی، مقدار فتوسنتز خالص به دلیل کاهش ورود CO_2 به واسطه‌ی بسته‌شدن روزنه‌ها و تأثیر مستقیم خشکی بر سیستم فتوسنتزی، کاهش می‌یابد. در این شرایط، از میزان هیدرات‌های کربن (قندها) کاسته می‌شود، از طرفی، به دلیل تسریع در رسیدگی گیاه در شرایط تنش کم‌آبی، فرصت کافی جهت سنتز پروتئین‌ها و قندهای ذخیره شده دانه وجود نخواهد داشت. بنابراین درصد روغن دانه کاهش خواهد یافت (آلیاری و همکاران، ۱۳۷۹). در شکل ۴-۳۵ مشاهده می‌گردد که در شرایط عدم تنش، با افزایش غلظت متانول محلول‌پاشی شده روی گیاه در صفر، ۱۵ و ۲۵ درصد حجمی، درصد روغن در هر یک از این غلظت‌ها به ترتیب برابر ۴۹/۹۷، ۵۱/۴۴ و ۵۵/۸۹ درصد بود. در این مشاهدات افزایش درصد روغن بین غلظت‌های ۱۵ و ۲۵ درصد حجمی بیشتر از غلظت‌های صفر و ۱۵ درصد حجمی بوده است. به طوری‌که غلظت ۲۵ درصد حجمی با صفر و ۱۵ درصد حجمی در گروه‌های متفاوتی از لحاظ آماری قرار گرفت. در شرایط تنش، درصد روغن تحت غلظت‌های صفر، ۱۵ و ۲۵ درصد حجمی به ترتیب برابر ۳۰/۴۴، ۲۷ و ۳۲/۷۷ درصد بود که این سه گروه اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری با یکدیگر داشتند. احتمال می‌رود افزایش درصد روغن در غلظت‌های بالای متانول به علت تأثیر محلول‌پاشی متانول روی افزایش فعالیت فتوسنتزی و در نتیجه افزایش دوره‌ی رشد گیاه باشد. چرا که افزایش دوره‌ی رشد گیاه باعث افزایش درصد روغن می‌شود. در همین رابطه گزارش شده است که در کلزا به دلیل افزایش طول دوره رشد، درصد روغن دانه افزایش نشان داد (دانشمند و همکاران، ۱۳۸۸).



شکل ۴-۳۵- مقایسه درصد روغن دانه تحت تأثیر غلظت‌های مختلف متانول در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بین غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک نیز در هر دو شرایط تنش و عدم تنش، اختلاف معنی‌داری وجود داشت. بیشترین درصد روغن (۵۵ درصد) در شرایط عدم تنش و اسید سالیسیلیک ۰/۸ میلی‌مولار و کمترین آن (۲۹/۱۲ درصد) در شرایط تنش و غلظت صفر اسید سالیسیلیک به دست آمد. با توجه به نتایج بیشترین درصد روغن در هر دو شرایط تنش و عدم تنش از غلظت ۰/۸ میلی‌مولار حاصل شد که نشان‌دهنده‌ی تأثیر مثبت اسید سالیسیلیک بر درصد روغن است (شکل ۴-۳۶). گزارش شده است محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک از ۰/۶ تا ۰/۸ میلی‌مولار روی گیاه ریحان در مقایسه با شاهد عملکرد و درصد روغن را افزایش داد (رضوانی‌مقدم، ۱۳۸۴). در شکل ۴-۳۶ مشاهده می‌گردد که در شرایط عدم تنش، با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک محلول‌پاشی شده روی گیاه از صفر به ۰/۴ و سپس ۰/۸ میلی‌مولار، درصد روغن ابتدا کاهش و به دنبال آن افزایش یافت. درصد روغن در هر یک از این غلظت‌ها به ترتیب برابر ۵۲، ۴۸/۴۴ و ۵۵ درصد بود که این سه گروه اختلاف معنی‌داری از لحاظ آماری با یکدیگر داشتند. در شرایط تنش، درصد روغن تحت غلظت‌های صفر، ۰/۴ و ۰/۸ میلی‌مولار به ترتیب برابر ۲۹/۱۲، ۳۰/۱۱ و ۳۲/۶۷

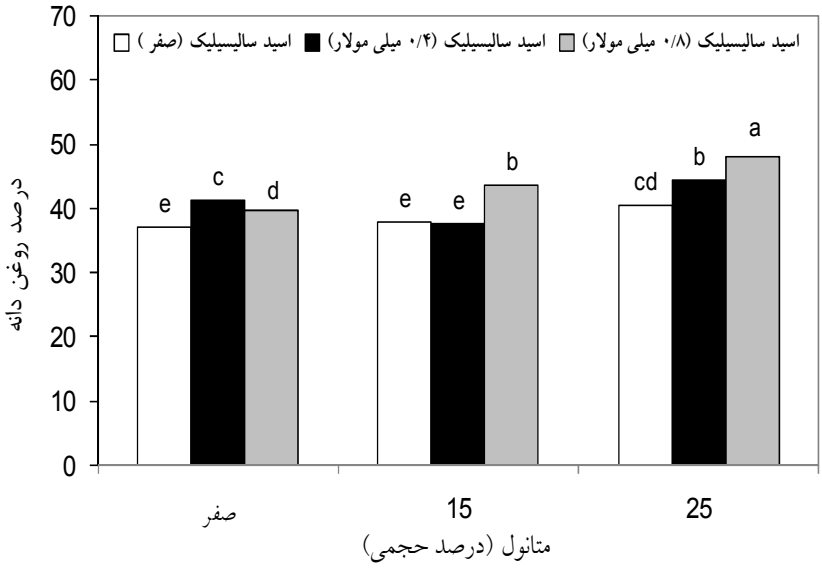
درصد بود. به طوری‌که اختلاف معنی‌داری بین غلظت صفر و ۰/۴ میلی‌مولار وجود نداشت ولی این دو با غلظت ۰/۸ اختلاف معنی‌داری نشان دادند (شکل ۴-۳۶).



شکل ۴-۳۶- مقایسه درصد روغن دانه تحت تأثیر غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش

هنگامی که متانول و اسید سالیسیلیک به صورت توأم روی گیاه محلول‌پاشی شدند، بیشترین درصد روغن (۴۸/۱۶ درصد) در ترکیب تیماری متانول ۲۵ درصد حجمی و اسید سالسیلیک ۰/۸ میلی‌مولار به دست آمد که نسبت به غلظت صفر اسید سالیسیلیک در همین سطح از متانول حدود ۸ درصد افزایش داشت. با توجه به نتایج در تمام سطوح متانول بین غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. در متانول ۱۵ درصد حجمی نیز بالاترین میزان روغن معادل ۴۳/۶۷ درصد در اسید سالیسیلیک ۰/۸ میلی‌مولار به دست آمد، که در مقایسه با دو سطح دیگر اسید سالیسیلیک در همین سطح از متانول حدود ۶/۱۷ و ۵/۸۴ درصد افزایش نشان داد. در گیاهانی که متانول دریافت نکردند نیز اگرچه درصد روغن در اسید سالیسیلیک ۰/۸ میلی‌مولار بالاترین مقدار نبود ولی در مقایسه با شاهد ۲/۶۹ درصد افزایش داشت. در این شرایط اسید

سالیسیلیک ۰/۴ میلی‌مولار موجب افزایش بیشتری در درصد روغن دانه (معادل ۴/۳۵ درصد) گردید (شکل ۴-۳۷). این نتایج نشان داد در صورت کاربرد همزمان متانول و اسید سالیسیلیک، افزایش غلظت این دو ماده می‌تواند به طور معنی‌داری درصد روغن را نسبت به شاهد افزایش دهد. احتمالاً به تعویق افتادن پیری برگ و افزایش دوره‌ی فتوسنتزی با کاربرد اسید سالیسیلیک از یک طرف و در دسترس قرار گرفتن CO_2 کافی برای برگ با کاربرد متانول موجب افزایش درصد روغن شده است.



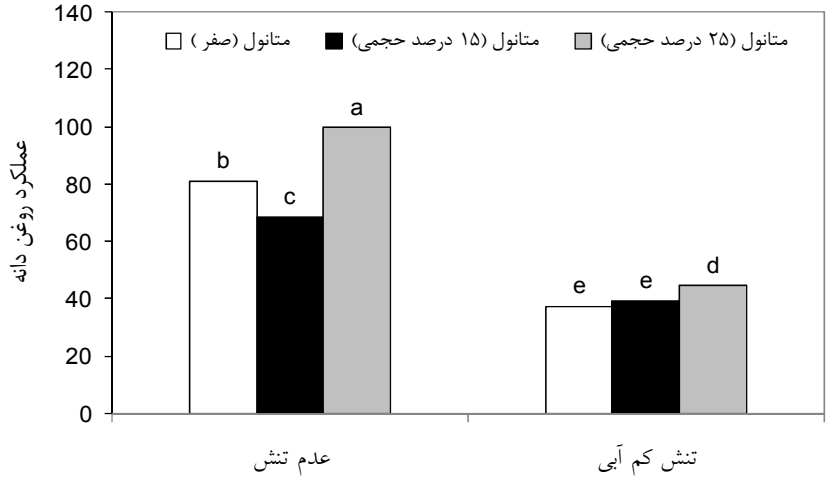
شکل ۴-۳۷- مقایسه درصد روغن دانه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های مختلف متانول و اسید سالیسیلیک

۴-۴-۲- عملکرد روغن

برآیند درصد روغن و عملکرد دانه به صورت عملکرد دانه بیان می‌شود. با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس، عملکرد روغن دانه تحت تأثیر تنش کم‌آبی، متانول، اسید سالیسیلیک، تنش کم‌آبی × متانول و متانول × اسید سالیسیلیک در سطح یک درصد قرار گرفت (جدول پیوست ۷). نتایج مقایسه‌ی میانگین داده‌ها نشان داد که در اثر دوجانبه‌ی تنش و متانول بیشترین عملکرد روغن (۹۹/۷۲ گرم در مترمربع) در شرایط عدم تنش و متانول ۲۵ درصد حجمی و کمترین آن (۳۷/۴۹ گرم در مترمربع) در شرایط تنش کم‌آبی و متانول صفر به‌دست آمد (شکل ۴-۳۸). در مقایسه‌ی

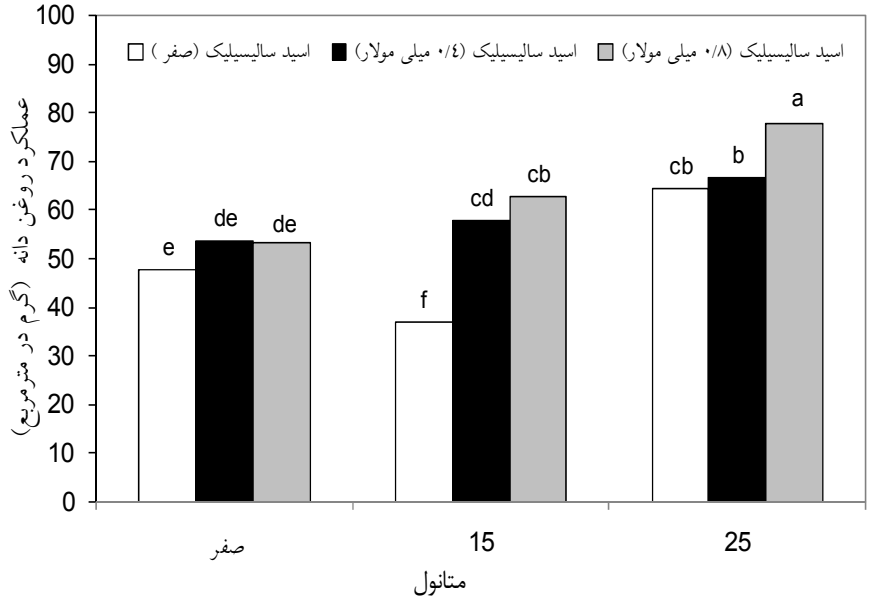
شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش، بیشترین مقادیر عملکرد روغن در شرایط عدم تنش به‌دست آمد. به نظر می رسد که کاهش درصد روغن و عملکرد دانه در شرایط تنش کم‌آبی در نهایت منجر به کاهش عملکرد روغن دانه گردیده است. دانشیان و جنوبی (۱۳۸۱) گزارش نمودند که بر اثر تنش خشکی عملکرد دانه در سویا کاهش یافت. آن‌ها همچنین دریافتند که مقدار روغن دانه با تشدید تنش افزایش یافت ولی در نهایت به علت کاهش عملکرد، تنش تأثیر منفی در عملکرد روغن داشت.

در هریک از شرایط عدم تنش و تنش کم‌آبی بیشترین عملکرد روغن دانه (۹۹/۷۲ و ۴۴/۶۶ گرم در مترمربع) در غلظت متانول ۲۵ درصد حجمی به‌دست آمد. در این مطالعه افزایش عملکرد روغن دانه احتمالاً به‌دلیل افزایش عملکرد دانه در واحد سطح در این تیمارها بوده است، که مقایسه‌ی عملکرد دانه و عملکرد روغن گواهی براین مدعاست (شکل ۴-۲۸ و ۴-۳۸). آنانیوا و همکاران (۲۰۰۴) گزارش کردند محلول‌پاشی متانول ۲۵ درصد حجمی تاثیر معنی‌داری بر مقدار روغن دانه در گیاه پنبه دارد. رضوانی‌مقدم (۱۳۸۴) اظهار داشت که عملکرد روغن در کنجد یک صفت ژنتیکی است ولی تحت تأثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرد. همچنین عملکرد روغن با عملکرد رابطه مثبتی دارد به طوری که با افزایش عملکرد دانه عملکرد روغن نیز افزایش می‌یابد.



شکل ۴-۳۸- مقایسه عملکرد روغن دانه تحت تأثیر غلظت‌های مختلف متانول در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش

با مقایسه‌ی میانگین داه‌ها، در بررسی اثر متقابل اسید سالیسیلیک × متانول بیشترین عملکرد روغن دانه (۷۷/۵۴ گرم در مترمربع) در تیمار اسید سالیسیلیک ۰/۸ میلی‌مولار و متانول ۲۵ درصد حجمی به دست آمد که اختلاف معنی‌داری با عملکرد تیمار شاهد و سایر تیمارها داشت (شکل ۴-۳۹). بالا بودن هر دو پارامتر عملکرد دانه و درصد روغن در این ترکیب تیماری، سبب رقم خوردن چنین نتیجه‌ای شد. توأم شدن اسید سالیسیلیک ۰/۴ میلی‌مولار با متانول ۲۵ درصد چندان مؤثر نبود ولی این غلظت از اسید سالیسیلیک در دو سطح دیگر متانول تا حدی به اندازه غلظت ۰/۸ میلی‌مولار از این ماده مؤثر واقع شد و عملکرد روغن را افزایش داد (شکل ۴-۳۹). دانشمند و همکاران (۱۳۸۷) بیان کردند که همبستگی مثبت و قوی بین عملکرد دانه با عملکرد روغن وجود دارد و افزایش تنش باعث کاهش آن دو می‌گردد. به نظر می‌رسد به کاربردن توأم متانول و اسید سالیسیلیک باعث کاهش اثرات تنش کم‌آبی شده و عملکرد دانه و به دنبال آن، عملکرد روغن را افزایش داده است.

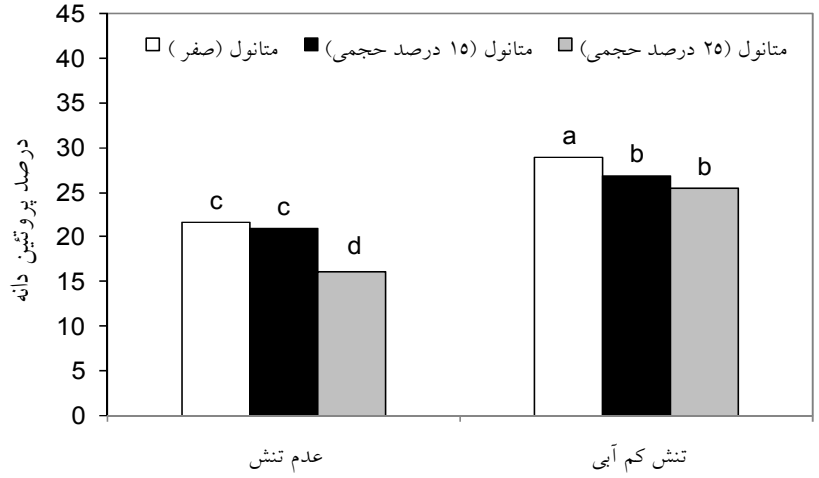


شکل ۴-۳۹- مقایسه عملکرد روغن دانه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک و متانول

۴-۴-۳- درصد پروتئین دانه

درصد پروتئین به طور معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد از تنش کم‌آبی، غلظت‌های مختلف متانول و اسید سالیسیلیک تأثیر پذیرفت. همچنین اختلاف معنی‌داری بین اثرات متقابل تنش × متانول و متانول × اسید سالیسیلیک در سطح یک درصد مشاهده گردید (جدول پیوست ۷). نتایج نشان داد که تنش کم‌آبی سبب افزایش معنی‌دار درصد پروتئین دانه گردید. درصد پروتئین در دانه گیاهان قرار گرفته در معرض تنش به طور متوسط ۷/۲۸ درصد بیشتر از شرایط عدم تنش بود (شکل ۴-۴۰). تنش کم‌آبی، همانند دمای بالا در هنگام رسیدگی، درصد روغن را کاهش، درحالی‌که درصد پروتئین را افزایش می‌دهد (کافی و همکاران، ۲۰۰۰). علت افزایش میزان پروتئین دانه در شرایط تنش خشکی تسریع در رسیدگی گیاه ذکر می‌گردد، چرا که درصد روغن کاهش یافته و درصد پروتئین افزایش می‌یابد (آلیاری و همکاران، ۲۰۰۰).

در هر دو شرایط تنش و عدم تنش، با افزایش غلظت متانول، درصد پروتئین دانه کاهش یافت. البته در شرایط عدم تنش، اثر کاهش ناشی از محلول‌پاشی با غلظت ۱۵ درصد متانول معنی‌دار نبود ولی با افزایش غلظت افت شدیدی در درصد پروتئین دانه مشاهده گردید. در حالی که در شرایط تنش، هر دو غلظت متانول به طور معنی‌داری پروتئین دانه را کاهش دادند (شکل ۴-۴۰). متانول با کاهش اثرات تنش، سبب کاهش در میزان درصد پروتئین گردید. مشابه با این نتایج، میرآخوری و همکاران (۱۳۸۹) بیان کردند که محلول‌پاشی متانول موجب کاهش درصد پروتئین در سویا گردید. ایشان همچنین بیان کردند که به علت تأثیر متانول بر عملکرد دانه و افزایش میزان آن، کاهش در میزان پروتئین اتفاق افتاده است. این نتایج بر خلاف نتایج صفرزاده ویشگاهی و همکاران (۲۰۰۷) و مادیان و همکاران (۲۰۰۶) بود، که بیان کردند محلول‌پاشی متانول باعث افزایش درصد پروتئین می‌شود.

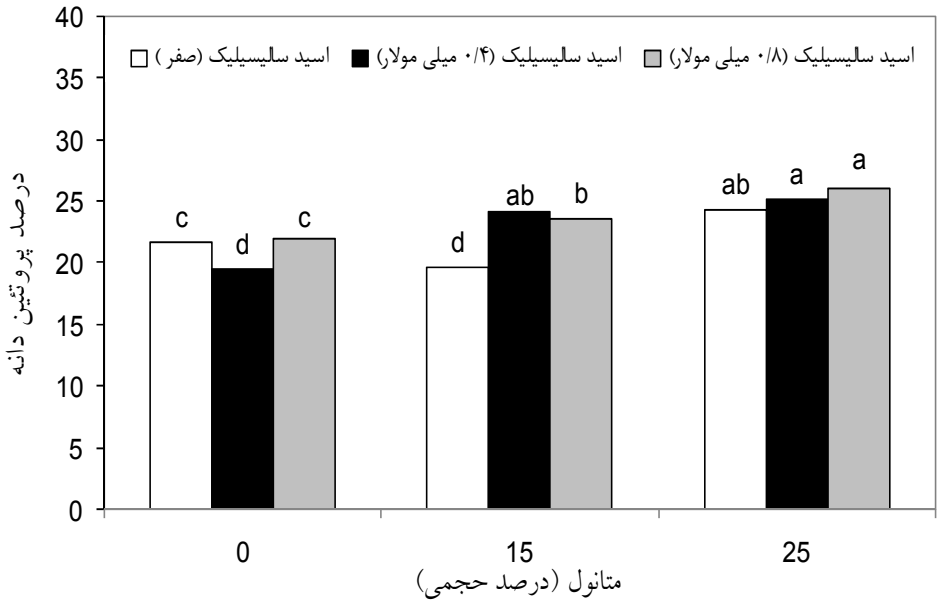


شکل ۴-۴۰- مقایسه درصد پروتئین دانه تحت تأثیر غلظت‌های مختلف متانول در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش

با توجه به نتایج بیشترین مقدار پروتئین تحت تأثیر متانول ۲۵ درصد حجمی × اسید سالیسیلیک ۰/۸ میلی‌مولار به‌دست آمد که البته این مقدار تفاوت معنی‌داری با اسید سالیسیلیک ۰/۴ و صفر در همین سطح از متانول نداشت (شکل ۴-۴۱). گزارش گردیده است که اسید سالیسیلیک بر تشکیل پروتئین‌های دفاعی، انواع پروتئین کیناز و روبیسکو اثر می‌گذارد. همچنین ثابت شده که اسید سالیسیلیک سنتز پروتئین‌های مهارکننده پروتئازهای گیاهی را القاء می‌کند (پوپووا و همکاران، ۲۰۰۳). الطیب (۲۰۰۵) گزارش کرده است که محتوی پروتئین محلول و آزاد در اندام هوایی و ریشه گیاهچه‌ها در شرایط تنش کاهش می‌یابد. بنابراین می‌توان افزایش محتوی پروتئین و یا کاهش تجزیه آن یا هر دو را در تیمار با اسید سالیسیلیک، به نحوی به وجود افزایش فعالیت پروتئین و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان نسبت داد. به طوری که احتمالاً اسید سالیسیلیک با افزایش پروتئین‌های دفاعی از اکسیداسیون پروتئین‌ها حفاظت می‌کند.

اثرات متفاوت اسید سالیسیلیک در غلظت‌های مختلف روی تنش خشکی ناشی از وجود گیرنده‌های گوناگون است، که میل ترکیبی این گیرنده‌ها با اسید سالیسیلیک

متفاوت می‌باشد. یکی از این گیرنده‌ها مرگ یاخته‌ای و گیرنده دیگر دفاع آنتی‌اکسیدانی را فعال می‌کند (دیویس، ۲۰۰۵؛ اسلیمارکر و همکاران، ۲۰۰۲). بنابراین در استفاده از اسید الیسیلیک برای تخفیف‌دادن تنش‌های اکسایشی بایستی با احتیاط اعمال شود. زیرا ممکن است غلظت مورد استفاده به جای فعال‌کردن دفاع آنتی‌اکسیدان، مرگ یاخته‌ای را فعال کند .



شکل ۴-۴۱- مقایسه درصد پروتئین دانه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های مختلف متانول و اسید سالیسیلیک

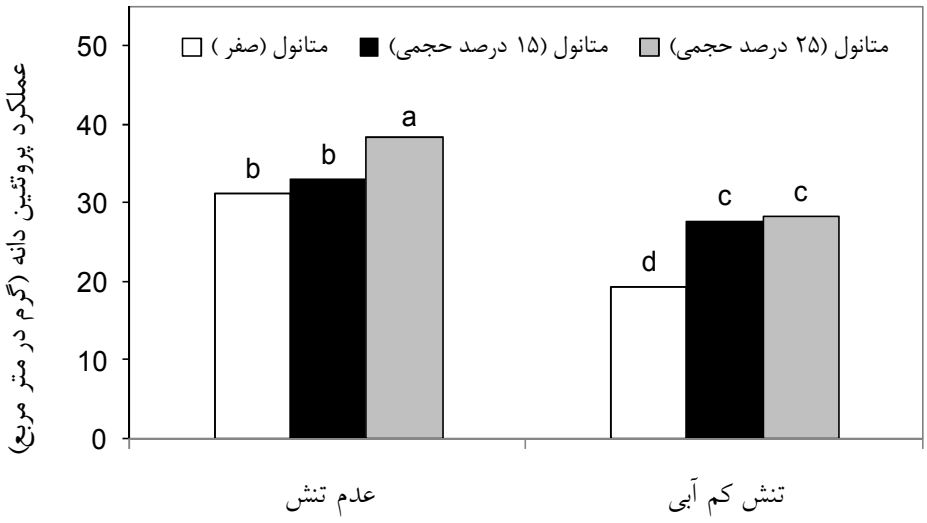
۴-۴-۴- عملکرد پروتئین

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که عملکرد پروتئین تحت تأثیر تنش کم‌آبی، غلظت متانول و اسید سالیسیلیک در سطح یک درصد قرار گرفت. همچنین تمامی اثرات متقابل به جز اثر متقابل سه جانبه‌ی تنش × متانول × اسید سالیسیلیک معنی‌دار گردید (جدول پیوست ۷).

نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که عملکرد پروتئین در شرایط عدم تنش بیشتر از تنش کم‌آبی بود. این نتیجه در حالی رقم خورد که تنش کم‌آبی سبب افزایش معنی‌دار درصد پروتئین دانه

شده بود ولی تأثیر عملکرد دانه بر این پارامتر بیشتر از درصد پروتئین بود لذا چون عملکرد دانه در شرایط عدم تنش بیشتر از تنش کم‌آبی بود، در نتیجه عملکرد پروتئین دانه در شرایط عدم تنش بیشتر از تنش به‌دست آمد (شکل ۴-۴۲).

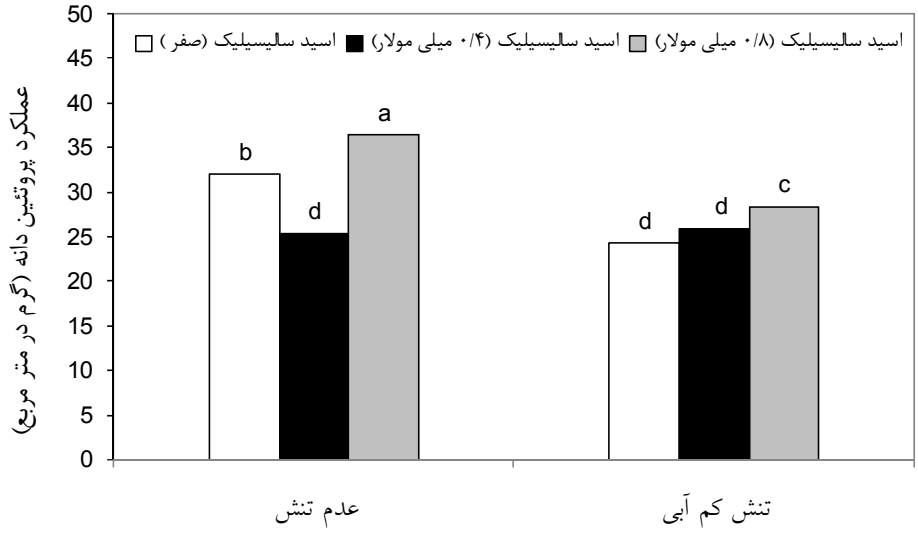
علی‌رغم اینکه افزایش غلظت متانول موجب کاهش درصد پروتئین دانه گردید، در هر دو شرایط، محلول‌پاشی متانول موجب افزایش عملکرد پروتئین گردید. در این شرایط عدم تنش تنها غلظت ۲۵ درصد متانول موجب افزایش معنی‌دار در این صفت گردید ولی در گیاهانی که در معرض تنش بودند، هر دو غلظت متانول تقریباً به یک اندازه عملکرد پروتئین را بهبود بخشیدند به طوری که در شرایط تنش محلول‌پاشی با متانول عملکرد پروتئین را از حدود ۱۹/۴ گرم در متر مربع (در شرایط عدم محلول‌پاشی) به ۲۸/۲۶ گرم در متر مربع رساند. در مجموع از بین ترکیبات تیماری مورد مقایسه بیشترین عملکرد پروتئین (۳۸/۴۷ گرم در متر مربع) در شرایط عدم تنش و متانول ۲۵ درصد حجمی به دست آمد. احتمالاً متانول با کاهش اثرات تنش، افزایش عملکرد دانه را موجب شده است. مشابه با این نتایج میرآخوری و همکاران (۱۳۸۸) نیز گزارش کردند با افزایش غلظت متانول، عملکرد پروتئین افزایش می‌یابد. در مطالعه‌ی میرآخوری و همکاران (۱۳۸۸)، کاربرد متانول در تیمار ۲۱ تا ۲۵ درصد حجمی موجب ۵/۳۹ درصد افزایش پروتئین نسبت به تیمار شاهد شد که با نتایج مطالعه‌ی صفرزاده ویشگاهی و همکاران (۱۳۸۶)، که طی آزمایش خود اعلام نمودند محلول‌پاشی متانول سبب افزایش مقدار پروتئین بادام‌زمینی می‌شود، مطابقت دارد. مطالعه‌ی محلول‌پاشی متانول توسط صفرزاده ویشگاهی وهمکاران (۱۳۸۶)، روی بادام‌زمینی نشان داد محلول‌پاشی ۲۵ درصد حجمی متانول سبب افزایش سرعت رشد غلاف، عملکرد غلاف و دانه، وزن ۱۰۰ دانه، تعداد غلاف رسیده و عملکرد و در نهایت افزایش مقدار پروتئین در دانه‌ی بادام‌زمینی شده است.



شکل ۴-۴۲- مقایسه عملکرد پروتئین دانه تحت تأثیر غلظت‌های مختلف متانول در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش

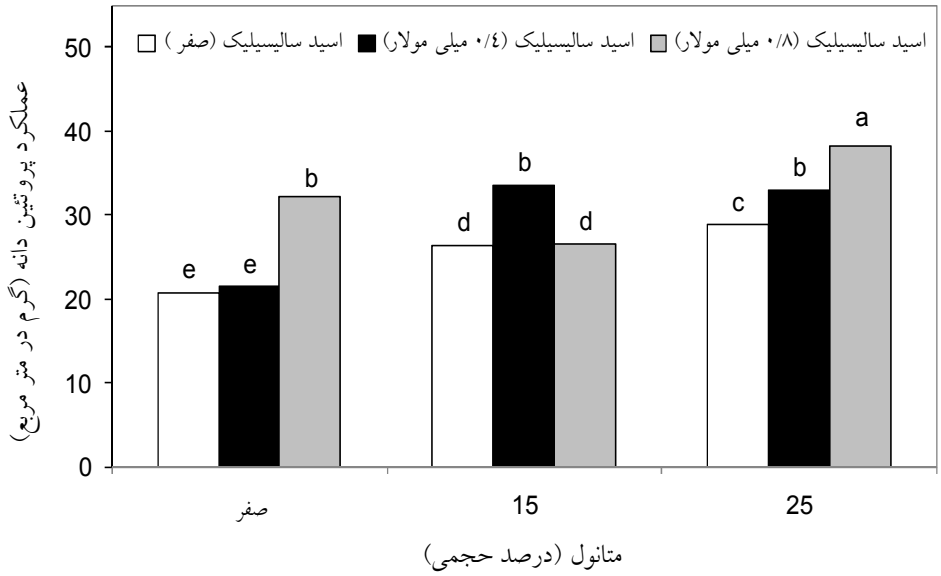
نتایج نشان داد که عملکرد پروتئین دانه مشابه با عملکرد دانه در هر دو شرایط تنش و عدم تنش با افزایش غلظت اسید سالیسیلیک افزایش یافت (به‌جز غلظت ۰/۴ میلی‌مولار در تنش کم‌آبی) که به شدت تأثیر منفی بر این پارامتر داشت. در نتیجه بالاترین عملکرد پروتئین (۳۶/۳۵ گرم در متر مربع) مشابه با بالاترین عملکرد در هر دو شرایط عدم تنش و تنش در غلظت ۰/۸ میلی‌مولار اسید سالیسیلیک به‌دست آمد (شکل ۴-۴۳). اسید سالیسیلیک معمولاً با اثر بر هورمون‌های آبسزیک اسید (سنارانتا و همکاران، ۲۰۰۲) و اتیلن (ژانگ و همکاران، ۲۰۰۲) بسیاری از روندهای فیزیولوژیکی و رشد گیاه را تنظیم می‌کند، از جمله با اثر بر روی آبسزیک اسید و تجمع این هورمون در گیاه، باعث خوگیری گیاهان نسبت به تنش‌های محیطی می‌شود (شاکیروا و ساهاباتدینوا، ۲۰۰۳)، که در نتیجه باعث جلوگیری از کاهش عملکرد می‌گردد. افزایش عملکرد دانه باعث افزایش عملکرد پروتئین گردیده است. الطیب (۲۰۰۵)، گزارش نمود که اسید سالیسیلیک ۰/۷ تا ۰/۸ میلی‌مولار مقدار پروتئین‌ها را در شرایط خشکی و عدم خشکی نسبت به گیاهان شاهد در دانه آفتابگردان

افزایش داد. همچنین محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک با غلظت ۰/۸ میلی‌مولار سبب افزایش بیشتر مقدار پروتئین در لپه‌های آفتابگردان شد.



شکل ۴-۴۳- مقایسه عملکرد پروتئین دانه تحت تأثیر غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک در شرایط تنش کم‌آبی و عدم تنش

با توجه به اثر متقابل متانول × اسید سالیسیلیک، با افزایش در غلظت متانول و اسید سالسیلیک عملکرد پروتئین دانه افزایش یافت، به طوری‌که بیشترین مقدار عملکرد پروتئین دانه (۳۸/۳ گرم در متر مربع) مربوط به ترکیب تیماری متانول ۲۵ درصد حجمی و اسیدسالسیلیک ۰/۸ میلی‌مولار و کمترین مقدار عملکرد پروتئین دانه (۲۰/۸ گرم در متر مربع) مربوط به زمانی بود که محلول‌پاشی صورت نگرفته بود (شکل ۴-۴۴).



شکل ۴-۴۴- مقایسه عملکرد پروتئین دانه تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از غلظت‌های مختلف متانول و اسید سالیسیلیک

نتیجه‌گیری:

نتایج به دست آمده از این تحقیق به طور خلاصه شامل موارد زیر می‌باشد.

۱- با افزایش در غلظت متانول و اسید سالسیلیک سطح برگ افزایش یافت.

۲- ترکیب تیماری متانول ۲۵ درصد حجمی و اسید سالسیلیک ۰/۸ میلی‌مولار سبب افزایش در ارتفاع بوته و افزایش تعداد شاخه‌های میوه‌دهنده شده است.

۳- با افزایش در غلظت متانول و اسید سالسیلیک، ارتفاع تا اولین گره میوه دهنده کاهش می‌یابد.

۴- با افزایش در غلظت متانول و اسید سالسیلیک، وزن خشک برگ، ساقه و میوه نیز افزایش می‌یابد.

۵- ترکیب تیماری متانول ۲۵ درصد حجمی و اسید سالسیلیک ۰/۸ میلی‌مولار سبب افزایش در عملکرد و تعداد کپسول در بوته شده است.

۶- ترکیب تیماری متانول ۲۵ درصد حجمی و اسید سالسیلیک ۰/۴ میلی‌مولار سبب افزایش در وزن هزار دانه گردیده است.

۷- با افزایش در غلظت متانول و اسید سالسیلیک تعداد دانه در کپسول افزایش می‌یابد.

۸- ترکیب تیماری متانول ۲۵ درصد حجمی و اسید سالسیلیک ۰/۸ میلی‌مولار سبب افزایش درصد و عملکرد روغن دانه می‌گردد.

۱۰- با افزایش در غلظت متانول و اسید سالسیلیک افزایش درصد پروتئین دانه مشاهده گردید.

۱۱- ترکیب تیماری متانول ۲۵ درصد حجمی و اسید سالسیلیک ۰/۸ میلی‌مولار سبب افزایش عملکرد پروتئین دانه گردیده است.

پیشنهادات:

نتایج به‌دست آمده در این تحقیق به لحاظ علمی و کاربردی درخور توجه بود، با این‌حال نکات زیر در راستای تحقیقات آینده جالب به نظر می‌رسند:

۱- اسید سالیسیلیک و متانول به عنوان ماده‌ای برای تحمل بیشتر تنش کم‌آبی در کنجد در مناطقی که عمدتاً با مشکل کم‌آبی در طول فصل رشد مواجه هستند می‌تواند مؤثر باشد.

۲- مناسب‌ترین دوز مصرفی در متانول و اسید سالیسیلیک به ترتیب ۲۵ درصد حجمی و ۰/۸ میلی‌مولار می‌باشد که استفاده از اثر متقابل آنها در شرایط تنش کم‌آبی برکنجد می‌تواند گیاه را در این شرایط متحمل سازد.

۳- پیشنهاد می‌گردد که محلول‌پاشی متانول و اسید سالیسیلیک به عنوان ماده‌ای برای تحمل بیشتر تنش، تحت تنش‌های مختلف دیگر مانند شوری و ... نیز مورد بررسی بیشتر قرار گیرد.

۴- انجام مطالعات مشابه با بازده وسیع‌تری از ارقام کاندید، شرایط بهتری را در عرصه توصیه‌های کاربردی فراهم می‌آورد.

منابع

۱. **آلیاری، ه.، شکاری،ف. و شکاری، ف. ۱۳۷۹.** دانه‌های روغنی (زراعت و فیزیولوژی). انتشارات عمیدی. تبریز. ۱۸۲ صفحه.
۲. **احمدی، ع. و بیکر، د.آ. ۱۳۷۹.** عوامل روزنه‌ای و غیر روزنه‌ای محدودکننده فتوسنتز در شرایط تنش خشکی. مجله علوم کشاورزی ایران. ۳۱ (۴): ۸۲۵-۸۱۳.
۳. **احیایی، ح.ر.، پارسا، م.، کافی، م. و نصیری‌محلاتی، م. ۱۳۸۹.** اثر محلول‌پاشی متانول و دور آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم نخود (*Cicer arietinum* L.). نشریه‌ی پژوهش‌های حبوبات ایران. ۱ (۲): ۴۸-۳۷.
۴. **برادران‌فیروزآبادی، م. ۱۳۸۱.** بررسی رابطه صفات مرفولوژیکی و فیزیولوژیکی ارقام چغندرقند با تنش خشکی. پایان‌نامه کارشناسی ارشد. دانشکده کشاورزی. دانشگاه تبریز.
۵. **بهدائی، م.ع. و راشد، م.ح. ۱۳۷۷.** بررسی اثر تراکم بر عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم کنجد. کجله علوم و صنایع کشاورزی. ۱۲(۲): ۶۳-۷۵.
۶. **جهاد اکبر، م.ر.، عقدایی، م. و ابراهیمیان، ح.ر. ۱۳۸۰.** بررسی اثر تأخیر در آبیاری پس از سبز شدن محصول در زراعت چغندرقند. مجله علمی- ترویجی چغندرقند. ۱۷ (۲): ۱۰۹-۹۹
۷. **حکمت شعار، ح. ۱۳۷۲.** فیزیولوژی گیاهان در شرایط دشوار (ترجمه). انتشارات نیکنام. ۳۲۰ صفحه.
۸. **خطیب، م.، راشد محصل، م.ح.، گنجعلی، ع. و لاهوتی، م. ۱۳۸۷.** تأثیر غلظت‌های مختلف نیکل بر خصوصیات مورفولوژیکی گیاه جعفری. مجله پژوهش‌های زراعی ایران، ۶ (۲): ۳۰۲- ۲۹۵.
۹. **خواجه‌پور، م. ۱۳۸۵.** گیاهان صنعتی. جهاد دانشگاهی اصفهان.۵۶۰ صفحه.
۱۰. **خواجه‌پور، م.ر. ۱۳۸۳.** اصول و مبانی زراعت (چاپ دوم). انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی اصفهان، ۳۸۶ صفحه.
۱۱. **دانشمند، ع.، شیرانی‌راد، ا.ح.، نورمحمدی، ق.، زارعی، ق. و دانشیان، ج. ۱۳۸۸.** بررسی روغن دانه و پروتئین دانه دو رقم کلزا و ارتباط آن با عملکرد روغن دانه و عملکرد پروتئین دانه. مجله‌ی دانش کشاورزی ایران. ۵ (۳): ۳۱۴-۲۹۵.
۱۲. **دانشیان، ج. و جنوبی، پ. ۱۳۸۱.** بررسی اثر تنش خشکی و مقادیر مختلف کلسیم در خصوصیات سویا. علوم کشاورزی (دانشگاه آزاد اسلامی). ۸ (۱): ۱۰۸-۹۵.
۱۳. **راهنما قهفرخی، ر. ۱۳۸۱.** بررسی اثر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد و تأثیر آن بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای. پایان‌نامه کارشناسی ارشد رشته زراعت. دانشگاه تهران.
۱۴. **سرمدنیا ، غ. و کوچکی، ع. ۱۳۶۶.** جنبه‌های فیزیولوژیک زراعت دیم. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۰۰ صفحه.

۱۵. **سی و سه مرده، ا.، احمدی، ک. و ابراهیم‌زاده، ح. ۱۳۸۵.** محدودیت‌های روزنه‌ای و غیر روزنه‌ای فتوسنتز و ارتباط آن‌ها با مقاومت به خشکی ارقام گندم. مجله علوم کشاورزی ایران. ۳۵ (۱): ۱۰۶-۹۳.
۱۶. **صفرزاده ویشگاهی، م. ۱۳۸۶.** اثر متانول روی عملکرد بادام‌زمینی. پایان‌نامه دکتری. دانشگاه آزاد اسلامی تهران واحد علوم و تحقیقات. ۲۳۲ ص.
۱۷. **عباسی، ف. ۱۳۸۶.** اثر متقابل خشکی و شوری بر عوامل رشد دو گونه گیاهی. مجله علوم پایه دانشگاه آزاد اسلامی. شماره انتشار:۶۶
۱۸. **علیزاده ، ا. ۱۳۶۹.** رابطه آب و خاک و گیاه. انتشارات جاوید. ۴۳۷ صفحه.
۱۹. **علیمرادی، ا. و دهقان‌شعار، م. ۱۳۷۷.** چغندرقند از علم تا عمل(ترجمه). نشر علوم کشاورزی. ۷۳۱ صفحه.
۲۰. **کافی، م.، کامکار، ب.، شریفی، ح.ر. و گلدانی، م. ۱۳۸۴.** فیزیولوژی گیاهی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۵۳۵ صفحه.
۲۱. **کرمی، ف. ۱۳۷۷.** واکنش‌های فیزیولوژیکی گیاهان به تنش‌های رطوبتی. ماهنامه زیتون. ۱۳۸: ۴۰-۳۴.
۲۲. **کوچکی، ع. و سرمدنیا، غ.ح. ۱۳۸۲.** فیزیولوژی گیاهان زراعی(ترجمه) (چاپ دهم). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۴۰۰ صفحه.
۲۳.کوچکی، ع. و سلطانی، الف. ۱۳۷۷. اصول و عملیات کشاورزی در مناطق خشک. نشر آموزش کشاورزی. ۴۰۰ صفحه.
۲۴. **کوچکی، ع.، حسینی، م. و نصیری‌محلاتی، م. ۱۳۷۶.** رابطه آب و خاک در گیاه زراعی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۵۶۰ صفحه.
۲۵. **کریمی، ه. ۱۳۷۵.** گیاهان زراعی. انتشارات دانشگاه اصفهان. ۳۵۲ صفحه.
۲۶. **مظاهری‌تیرانی، م. و. و منوچهری‌کلانتری، خ. ۱۳۸۶.** بررسی اثرات سالیسیلیک اسید بر برخی پارامترهای رشد و بیوشیمیایی گیاه کلزا (*Brassica napus* L.) تحت تنش خشکی. مجله‌ی پژوهشی دانشگاه اصفهان. ۲۸ (۲) : ۶۶-۵۵.
۲۷. **مظاهری‌تیرانی، م.، منوچهری‌کلانتری، خ. و حسیبی، ن. ۱۳۸۷.** مطالعه اثر متقابل اتیلن و سالیسیلیک اسید بر القا تنش اکسیداتیو و مکانیسم های مقاومت به آن در گیاهان کلزا (*Brassica napus* L.). مجله زیست شناسی ایران. ۲۱ (۳): ۴۳۱-۴۲۱.
۲۸. **رضوانی‌مقدم، پ.۱۳۸۴.** بررسی خصوصیات مورفولوژیک، عملکرد دانه و روغن کنجد در تراکم های مختلف بوته و فواصل مختلف آبیاری مجله پژوهش‌های زراعی ایران. ۳ (۱): ۱۰۶-۹۵.

۲۹. **نادعلی، ا.، پاک‌نژاد، ف.، مرادی، ف.، و وزان، س. ۱۳۸۹.** اثر متانول بر عملکرد و برخی خصوصیات کیفی چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) رقم رسول در شرایط تنش و بدون تنش خشکی. مجله‌ی به‌زراعی نهال و بذر. ۲۶ (۲): ۱۰۶-۹۵.

۳۰. **ناصری، ف. ۱۳۷۵.** دانه‌های روغنی (ترجمه). انتشارات مشهد، آستان قدس رضوی. ۳۲۲ صفحه.

31. **Ahmad Anjum, S., Wang, X.X.Y., Farrukh Saleem, L. Ch., Man, M.Ch. and Lei, W. 2011.** Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. Afric. J. of Agric. Res. 6(9): 2026-2032.
32. **Almeselmani, M., Deshmukh, P.S., Sairam, R.K., Kushwaha, S.R. and Singh, T.P. 2006.** Protective role of antioxidant enzymes under high temperature stress. Plant Sci. 171:382–388.
33. **Ananieva, E.A., Christov, K.N. and Popova, L.P. 2004.** Exogenous treatment with salicylic acid leads to increased antioxidant capacity in leaves of barley plants exposed to paraquat. J. Plant Physiol. 161: 319–328.
34. **Ashok Mishra, K. and Vija Sing, P. 2010**. A review of drought concepts. J. of Hydroligy. 1:1-15.
35. **Basra, A.S. and Basra, P.K. 1997.** Mechanisms of environmental stress resistance in Plants. Hardwood Academic Publishers, 83.
36. **Basu, R.N., Bose, T.K., Roy, B.N. and Mukhopdhyay, A. 1996**. Auxin synergist in rooting of cuttings. Physiol. Plant. 22:649-652.
37. **Bery, E.A. 2007.** Molecular and Physiological responses to water deficit stress. Department of Genetic and Cell Biology, University of Chicago. 121-140.
38. **Bezrukova, M.V., Sakhabutdinova, R., Fatkhutdinova, R.A., Kyldiarova, I. and Shakirova, F. 2001.** The role of hormonal changes in protective action of salicylic acid on growth of wheat seedling under water deficit. Agrochemia (Russ). 2: 51-54.
39. **Bidinger, F., Musgrave, B.B. and Fischer, R.A. 1997.** Contribution of stored preanthesis assimilates to grain yield wheat and barley. Nature, 270: 431-433.
40. **Blokhina, O., Virolainen, E. and Fagestedt, K.V. 2003.** antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: A review. Annuals of Botany. 91:179-194.
41. **Blum, A. 1989**. Osmotic adjustment and growth of barley genotypes under drough stress. Crop Sci. 29: 230-233.
42. **Blum, A. 1996.** Crop responses to drough and the intre pretation of adaptation. Plant Growth regul. 20: 135-148.
43. **Blum, A. 2005.** Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential-are they compatible, dissonant, or mutually exclusive? Aust. J. of Agri. 56: 1159-1168.
44. **Cavalcanti, F.R., Vilela Resende, M.L., Matos Santos Lima, J.P., Gomes Silveira, J.A. and Abreu Oliveira, J.T. 2006.** Activities of antioxidant enzymes and photosynthetic responses in tomato pre-treated by plant activators and inoculated by *Xanthomonas vesicatoria*. Physiol. and Mol. Plant Pathol. 68: 198-208.
45. **Chanbdrakar, B.L., Sekhar, N., Tuteja, S.S. and Tripathi, R.S. 1994.** Effect of irrigation and nitrogen on growth and yield of summer sesame (*Sesamum indicum*). Ind. J. Agron. 37: 601-602.

46. **Chaves, M.M., Maroco, J. and Pereira, J. 2003.** Understanding plant responses to drought-from genes to the whole plant. Funct. Plant Biol. 30: 239-264.
47. **Choudhury, S. and Panda, S.K. 2004**. Role of salicylic acid in regulating cadmium induced oxidative stress in *Oryza sativa* L. roots. Plant Physiol. 30 (3-4): 95-110.
48. **Dat, J.F., Foyer, C.H. and Scott, I.M. 1998.** Changes in salicylic acid and antioxidants during induced thermotolerance in mustard seedlings. Plant Physiol. 118: 1455–1461.
49. **Davis, P.J. 2005.** Plant hormones biosynthesis, signal transduction, action! Springer. Germany. 750 pp.
50. **Day, A.D. and Intalap, S. 1999.** Some effects of soil moisture on the growth of wheat. Agron. J. 62: 27- 29 .
51. **Diepenbrock, W. 2000.** Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). A review. Field Crops Res. 67:35-49.
52. **Downey, R.K. 1983.** Origin and description of the Brassica oilseed. In: Kramer, J.K.G., F.D. Sauer and W.J. Pigden, (eds.). High and low erucic acid rapeseed oils production, usage, chemistry and toxicological evaluation. Academic press. Toronto. Canada. 1-20 pp.
53. **Downie, A., Miyazaki, S., Bohnert, H., John, P., Coleman, J., Parry, M. and Haslam, R. 2004.** Expression profiling of the response of Arabidopsis thaliana to methanol stimulation. Phytochem. 65: 2305-2316.
54. **El-Tayeb, M.A. 2005**. Response of barley grains to the interactive effect of salinity and salicylic acid. Plant Growth Regul. 45: 215- 225.
55. **Emam, Y. and Zavarehi, M. 2005.** Drought tolerance in higher (Genetically, Physiological and Molecular Biological Analysis). Academic Publishing Center of Tehran. (In Persian)
56. **F.A.O. 2004.** *Available* (*online: http// www.FAO.org*).
57. **Faridudin, Q., Hayat, S. and Ahmad, A. 2003.** Salicylic acid influences net photosynthetic rate, carboxylation efficiency, nitrate reductase activity and seed yield in *brassica juncea*. Photosynthetica. 41: 281-284.
58. **Farooq, M., Aziz, T., Basra, S.M.A., Cheema, M.A. and Rehman, H. 2008.** Chilling tolerance in hybrid maize induced by seed priming with salicylic acid. J. of Agron. and Crop Sci. 194: 161-168.
59. **Food and Agriculture Organization (FAO). 2007.** Crop production statistics, http://www.fao.org/docrep/010/ah864e/ah864e00.htm.
60. **Foroud, N., Mundel, H.H., Saindon, G. and Entz, T. 1993.** Effect of level and timing of moisture stress on soybean yield, protein, and oil responses. Field Crops Res. 31:195-209.
61. **Foyer, C.H. and Fletcher, J.M. 2001.** Plant antioxidants: colour me healthy. Biologist 48: 115–120.
62. **Gay, S. 1980.** Article physiological aspects of yield improvement in soybean. Agron. J. 72: 387-391.
63. **Ghai, N., Setia, R.C. and Setia, N. 2002**. Effect of paclobutrazol and salicylic acid on chlorophyll content, hill activity and yield components in *Brassica napus* L., phyto morphology. 52: 83-87.
64. **Golestani, M. and Pakniat, H. 2008.** Evaluation of tolerance to drought characters in the *Sesamum* lines. Sci. and Technol. of Agri. and Natural Resources. 41: 141-149.

65. **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.
66. **Gregory, P.J. 2006.** Plant Roots (Growth, Activity and Interaction with Soils), Blackwell Publishing pp: 150-173.
67. **Gunes, A., Inal, A., Alpaslan, M., Eraslan, F., Bagci, E.G. and Cicek, N. 2007.** Salicylic acid induced changes on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L.) grown under salinity. J. Plant Physiol. 164: 728–736.
68. **Hafez, Y.D. 1983.** Nutrient composition of different varieties strains of soybean. Nutr. Rep. Int., 28: 1197-1206.
69. **Hanson, A.D. and Roje, S. 2001.** One-carbon metabolism in higher plants. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol Biol. 52: 119-137.
70. **Hayat S. and Ahmad, A. 2007.** Salicylic Acid: A Plant Hormone, SPRINGER (ed.) Dortrecht, The Netherlands.
71. **Hayat, Q., Hayat, S., Irfan, M. and Ahmad, A. 2010**. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: A review. Environ. and Experi. Botany. 68: 14-25.
72. **Health and Welfare Canada. 1990.** Nutrition Recommendations.The Report of the Scientific Review Commoittee. Department of Supply and Services , Cat. No. H49-42/1990E, Ottawa, ON.
73. **Heins, R. 1980**. Inhibition of ethylene synthesis and senescence in carnation by ethanol. J. of Ame. Soc. of Hort. Sci. 105(1): 141-144.
74. **Hemming, D. and Criddle, R. 1995**. Effects of methanol on plant respiration. J. Plant Physiol. 146:198-193.
75. **Hernandez, L.F., Pellegrini, C.N., and Malla, L.M. 2000.** Effect of foliar application of methanol on growth and yield of sunflower. Phyton. 66:1-8.
76. **Hsiao, T.C. 1973.** Plant responses to water stress. Ann. Rev. Plant Physiol. 24: 519-570.
77. **Huber, S.A., Israel, D.W., Foyer, C.H., Valadier, M.H., Migge, A. and Becker, T.W. 1998.** Drought induced effects on nitrate reductase activity on the coordination of nitrogen and carbon metabolism in maize leaves. Plant Physiol. 117: 283-292.
78. **Hussain, M., Malik, M.A., Farooq, M., Ashraf, M.Y. and Cheema, M.A. 2008**. Improving drought tolerance by exogenous application of glycinebetaine and salicylic acid in sunflower. J. of Agron. and Crop Sci. 194: 193-199.
79. **Inze, D. and Montagu, M.V. 2000**. Oxidative stress in plants. TJ International Ltd, Padstow, Cornawall. Great Britain. 321 pp.
80. **Ivanova, E.G., Dornina, N.V. and Trotsenko, Y.A. 2001.** Aerobic methylbacteria are capable of synthesizing auxins. Microbiology. 70: 392-397.
81. **Janda, T., Szalai, G., Tari, I. and Paldi, E. 1999.** Hydroponic treatment with salicylic acid decreases the effects of chilling injury in maize (*Zea mays* L.) plants. Planta. 208: 175–180.
82. **Jensen, C.R., Mogensen, V.O., Mortensen, G.J., Fildsend, K., Milford, G.F.J., Andersen, M.N. and Thage, J.H. 1996.** Seed glucosinolate, oil and protein contents of field- grown rape (*Brassica napus* L.) affected by soil drying and evaporative demand. Field Crops Res. 47: 93-105.
83. **John, T., Christopher, A.M., Borrel, A.M., Manschadi, G., Hammer, G., and Chapman, S. 2004.** eveloping high yielding wheat for water limited

environments in northern Australia. Proceedings of the 4th International Crop Science Congress Brisbane, Australia, 26 Sep – 1 Oct.
84. **Kafi, M. and Damghani, A. 2000.** Mechanism of environmental stress resistance in plants. Ferdowi University of Mashhad Publication. (In Persian).
85. **Kafi, M., Lahootee, M., Zand, E., Shareefee, H.R. and Goldani, M. 2000.** Plant Physiology. Jahadeh Daneshgahi Press. PP. 355-340. (In Persian)
86. **Kajdi, F. and Pocsai, K. 1993**. Effect of irrigation on the yield potential, protein yield of oilseed rape cultivars. Acta. Ovarien. 35: 65-72.
87. **Kang, G., Wang, C., Sun, G. and Wang, Z. 2003.** Salicylic acid changes activities of H_2O_2-metabolizing enzymes and increases the chilling tolerance of banana seedlings. Environ. Exp. Bot. 50: 9–15.
88. **Kang, G.Z., Wang, Z.X., Xia, K.F. and Sun, G.C. 2007.** Protection of ultrastructure in chilling-stressed banana leaves by salicylic acid. J. Zhejiang Univ. Sci. B. 8: 277–282.
89. **Kang, H.M. and Saltveit, M.E. 2002.** Chilling tolerance of maize, cucumber and rice seedling leaves and roots are differentially affected by salicylic acid. Physiol. Plant. 115: 571–576.
90. **Khan W., Prithiviraj, B. and Smith, D.L. 2003.** Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates, J. of plant physiol. 160:485-492.
91. **Khodary, S.E.A. 2004.** Effect of SA on growth, photosynthesis and carbohydrate metabolism in salt stressed maize plants. Int. J. Agri. Biol. 6: 5-8.
92. **Korkmaz, A. 2005.** Inclusion of acetyl salicylic acid and methyl jasmonate into the priming solution improves low temperature germination and emergence of sweet pepper seeds. Hort. Science 40: 197–200.
93. **Krantev, A., Yordanova, R., Janda, T., Szalai, G. and Popova, L. 2008**. Treatment with salicylic acid decreases the effect of cadmium on photosynthesis in maize plants. J. of Plant Physiol. 165: 920-931.
94. **Kumar, A. S., Prasad, T.N. and Prasad, U.K. 1996.** Effect of irrigation and nitrogen on growth, yield/oil content, nitrogen uptake and water-use of summer sesame (*Sesamum indicum*). Indian. J. Agron. 41: 111-115.
95. **Laurence, R.C.N. and Gibbons, R.W. 1976.** Changes in yield, protein, oil and maturity of groundnut cultivars with the application of sulfur fertilizers and fungicides. J. Agric. Sci. Cam. 86: 245-250.
96. **Li, Y., Gupta, J. and Siyumbano, A.K . 1995**. Effect of methanol on soybean photosynthesis and chlorophyll. J. Plant Nutr. 18: 1875–1880.
97. **Li, Z.R. and Yi, X.F. 2004.** Effect of methanol with different concentration on photosynthesis and yield of leaf-used lettuce. J. of Inner Mongolia Normal Universit. 33: 71-73. (in Chinese)
98. **Liang, J., Zahng, J. and Wong, M.H. 1996.** Plant Cell Environ. 19: 93.
99. **Lopez, M., Humara, J.M., Casares, A. and Majada, J. 1999**. The effect of temperature and water stress on laboratory germination of *Eucalyptus globulus* Labill. Seeds of different sizes. INRA, EDP Sciences. 57: 245- 250.
100. **Loreto, F., villania, M.C. and centritto, M. 1992.** Interaction between water stress and methanol spray on field –grown pepper. 43: 312-317
101. **Luna, C.M., Pastori, G.M., Driscoll, S., Groten, K., Bernard, S. and Foyer, C.H. 2004.** Drought controls on H_2O_2 accumulation, catalase (CAT) activity and CAT gen expression in wheat. J. of Exp. Botany. 56: 417- 423.

102. **Madhaiyan, M., Poonguzhali, S., Sundaram, S.P. and Sa, T.A . 2006.** New insight into foliar applied methanol influencing phylloplane methylotrophic dynamics and growth promotion of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) and sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). Environ. and Exp. Botany. 57: 168-176.
103. **Makhdum, M.I., Malik, M.N.A., Din, S.U., Ahmad, F. and Chaudhry, F.I. 2002.** Physilogical response of cotton to methanol foliar application. J. Res. Sci. 13: 37-43.
104. **Mendham, N.J. and Salisbury. P.A. 1995.** Physiology, crop development, growth and yield of Brassica oilseeds. CAB International. pp.11-64.
105. **Metwally, A., Finkemeier, I., Georgi, M. and Dietz, K.J. 2003.** Salicylic acid alleviates the cadmium toxicity in barley seedlings. Plant Physiol. 132: 272–281.
106. **Mirakhori, M., Paknejad, F., Moradi, F., Ardakani, M.R., Zahedi, H. and Nazeri, P. 2009**. Effect of Drought Stress and Methanol on Yield and Yield Components of Soybean max (L17). Ame. J. of Biochem. and Biotech. 5(4): 162-169.
107. **Mitra, J. 2001.** Genetics and genetic improvement of drought resistance in crop plants. Current Science, 80:758-763.
108. **Modhan, M.M., Narayanan, S.L. and Ibrahim. S.M. 2000.** Chlorophyll stability indexes (CSI): its impacts on salt tolerance in rice. Inter. Rice Res. Inst. 25(2): 38-40.
109. **Moharekar S.T., Lokhande S.D, Hara., T., Tanaka, R., Tanaka, A. and Chavan P.D. 2003**. Effect of salicylic acid on clorophyll and carotenoid contents of wheat and moong caryopsis, Photosynthetica. 41: 315-317.
110. **Mumtaz Khan, M., Hendry, G.A.F. and Usman, M. 2002.** Agricaltur and Biology. 2: 199-203.
111. **Mundree, S.G. and Baker, B. 2002.** Physiological and molecular insights in to drought tolerance. Afric. J. of Biotechnol. 1: 28-38.
112. **Nemecek-Marshall, M., MacDonald, R.C., Franzen, J.J., Wojciechowski, C.L. and Fall, R. 1995**. Methanol emission from leaves: enzymatic detection of gas-phase methanol and relation of methanol. fluxes to stomatal conductance and leaf development. Plant Physiol. 108: 1359–1368.
113. **Noctor, G. and Foyer, C.H. 1998.** Ascorbate and glutathione: Keeping active oxygen under control. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 49: 249-279.
114. **Nonomura, A.M. and Benson, A.A. 1992**. The path of carbon in photosynthesis: improved crop yields with methanol. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 89: 9794–9798.
115. **Paknejad, F., Mirakhori, M., Jami Al-Ahmadi, M., Tookalo, M.R., Pazoki, A.R. and Nazeri, P. 2009.** Physiological response of soybean (*Glycine max*) to foliar application of methanol under different soil moisture. Ame. J. of Agri. and Biolog. Sci. 4(4): 311-318.
116. **Pal, M., Szalai, Z., Horvath, E., Janda, T. and Paldi, E. 2002**. Effect of salicylic acid during heavy metal stress. Acta Biologica Szegediensis. 46(3- 4): 119- 120.
117. **Pancheva, T.V., Popova, L.P. and Uzunova, A.M. 1996**. Effect of salicylic acid on growth and photosynthesis in barley plants. J. Plant physiol. 149:57-63.
118. **Peralta-Videa, J.R., Rosa, G., De La., Gonzalez, J.H. and Gardea-Torresdey, J.L., 2004.** Effects of the growth stage on the heavy metal tolerance of alfalfa plants. Advances in Environ. Res. 8: 679-685.

119. **Popova, L., Ananieva, E., Hristova, V., Christov, K., Georgieva, K., Alexieva, V. and Stoinova, Z. 2003.** Salicylic acid and methyl jasmonate induced protection on photosynthesis to paraquat oxidative stress. Bulg. J. Plant Physiol. Special Issue: 133-152.
120. **Popova, L., Pancheva, T. and Uzunova, A. 1997**. Salicylic acid: Properties, biosynthesis and physiological role. Plant Physiol. 23: 85- 93.
121. **Quarrie, S.A., Stojanovic, J. and Pekic. S. 1999.** Improving drought resistance in small-grained cereals: A case study, progress and prospects. Plant Growth Regul. 29:1-21.
122. **Rajala, A., Karkkainen, J., Peltonen, J. and peltonen-sainio, P. 1998**. foliar application of alcohols failed to enhance growth and yield of C3 crops. Ind. Crop. prod. 7: 129-137.
123. **Ramberg, H.A., Bradley, J.S.C., Olson, J.S.C., Nishio, J.N., Markwell J. and Osterman, J.C. 2002.** The Role of Methanol in promoting plant growth: an update. Rev. Plant Biochem. Biotechnol. 1: 113-126.
124. **Ramirez, I., Dorta, F., Espinoza, V., Jimenez, E., Mercado, A. and Pena-Cortes, H. 2006.** Effect of foliar and root applications of methanol on the growth of Arabidopsis, tpbacco and tomato plants. J. Plant Growth Regul. 25: 30-44.
125. **Raskin, I. 1992**. Role of salicylic acid in plants. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 43: 439- 446.
126. **Roa, M.S. and Mendham, N.J. 1991.** Soil- plant-water relations of oilseed rape *(Brassica napus* and *B. compestris).* J. Agric. Sci. Cambridge. 117: 197-205.
127. **Rodriguez Andres, A., Lazaro, J.J., Chueca, A., Hermoso, R., and Lopez Gorge, J. 1990.** Effect of alcohols on the association of photosynthetic FBPase to thylakoid membranes. Physiol Plant. 78: 409-413.
128. **Roebbelen, G., Downey, R.K. and Ashri, A. 1989.** Oil Crops of the World. Mc Graw-Hill Pub., New York.
129. **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 escdentum* Mill.). New Zealand J. Crop HOI. Sci. 22: 335-337.
130. **Safarzade Vishgahi, M.N., Normohamadi, G.H., Mjidi Haravan, E. and Rabiei, B. 2005.** Effect of methanol on peanut Growth and yield (*Arachis hypogaea* L.). J. Agric. Sci. 103-188.
131. **Safarzade Vyshkayy, M., Noormohammadi, Gh., Majidi, A. and Rabii, B. 2008.** Effect of methanol on the growth function peanuts. Special Issue J. of Agric. Sci. 1: 102-87. (In Persian with English Summary).
132. **Sarkar S. and Sanyal S.R. 2000.** Production potential and economic feasibility of sesame (*seasmum indicum*) based on intercropping system with pulse and oil seed crops on rice fallow land. Ind. J. Agron. 45: 545-555.
133. **Satler, S. and Thimman, K. 1980.** The influence of aliphatic alcohols on leaf senescense. Plant Physiology 66: 395-399.
134. **Schender, H. 1993.** The role of carbohydrate strage and redistribution in the source sink relation in wheat and barley during grain filling –a review. New Phytol. 123: 233-245.
135. **Senaranta, T., Touchell, D., Bumm, E. and Dixon, K. 2002.** Acetylaslicylic (aspirin) and salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. Plant Growth Regul. 30: 157- 161.

136. **Senaratna, T., Merritt, D., Dixon, K., Bunn, E., Touchell, D. and Sivasithamparam, K. 2003**. Benzoic acid may act as the functional group in salicylic acid and derivatives in the induction of multiple stress tolerance in plants. Plant Growth Regul. 39: 77–81.
137. **Shahba, Z., Baghizadeh, A., Vakili, S.M.A., Yazdanpanah, A. and Yosefi, M. 2010.** The salicylic acid effect on the tomato (*Lycopersicum esculentum Mill.*) sugar, protein and proline contents under salinity stress (NaCl). J. of Biophys. and Struc. Biol. 2(3): 35-41.
138. **Shakirova, F.M. and sahabutdinova D.R. 2003.** Changes in the hormonal status of wheat seedlings induced by salicylic acid and salinity. Plant Sci. 164: 317-322.
139. **Sharp, R.E. and Lenoble, M.E. 2002.** ABA, ethylene and the control of shoot and root growth under water stress. J. of Exp. Bot. 53: 33-37.
140. **Slaymarker, D.H., Navarre, D.A., Clark, D., Pozo, O.D., Martin, G.B., and Klessig. D.F. 2002.** The tobacco salicylic acid- banding protein 3 (SABP3) is the chloroplast carbonic anhydrase, which exhibits antioxidant activity and plays a role in the hypersensitive defense response. PANS. 99(18): 11640-11645.
141. **Takebe, M., Yoneyama, T., Inada, H. and Murakami, T. 1995.** Plant and Soil. 122: 295.
142. **Theodoridou, A., Dornemann, D. and Kotzabasis, K. 2002**. Light-dependent induction of strongly increased microalgal growth by methanol. Biochim. Biophys. Acta. 1573: 189–198.
143. **Wang, W.X., Vinocur, B. and Altman, A. 2003**. A plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. Planta. 218: 1–14.
144. **Wolf, D.W., Gifford, R.M., Hilbert, D. and Luos, Y. 1998.** Integration of photosynthetic acclimation to CO_2 at the whole-plant level. Global Change Biology. 4: 879-893.
145. **Yang, H.M., Zhang, X.Y. and Wang, G.X. 2004.** Relationships between stomatal character, photosynthetic character and seed chemical composition in grass pea at different water availabilities. J. Agric. Sci. 142: 675–681.
146. **Yue-jin, Zh., yue-qin, Y., Shan-shan, L. and Xian-feng, Y. 2008.** Effect of Methanol on Photosynthesis and Chlorophyll Fluorescence of Flag Leaves of Winter Wheat. Agric. Sci. 7(4): 432-437.
147. **Zbiec, I., Karczmarczyk, S. and Podsiadlo, C. 2003**. Response of some cultivated plants to methanol as compared to supplemental irrigation. Electronic J. of Polish Agric. Univ. 6(1): 1-7.
148. **Zhang. W., Curtin. C., Kikuchi M. and Franco. C. 2002.** Integration of jasmonic acid and light irradiation for enhancement of anthocyanin biosynthesis in *Vitis -inifera* suspension cultures. Plant Sci. 162: 459–468.

پیوست

جدول پیوست ۱- میانگین مربعات شاخص سطح برگ تحت تأثیر تنش کم‌آبی و محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک و متانول در نمونه‌برداری‌های مختلف

منابع تغییر	درجه‌ی آزادی	میانگین مربعات شاخص سطح برگ			
		٦٠	٧٥	٩٠	١٠٥ روز پس از کاشت
تکرار	٢	٠/٠٠٠٦٧	٠/٠٠٠٦٤	٠/٠٠٥٦	٠/٠٠٥٥
تنش کم‌آبی	١	٤/٧٢ **	٤/٧٥ **	٠/٠١٨ **	٤/٨٥ **
خطای اول	٢	٠/٠٠٢٣	٠/٠٠٢٣	٠/٠٠٤٢	٠/٠٠٠٧٢
متانول	٢	٠/٢٢ **	٠/٢٢ **	٠/٣١٩ **	٠/٢٦ **
اسید سالیسیلیک	٢	٠/٩٦ **	٠/٩٦ **	١/٠٧ **	٠/٩٣ **
تنش کم‌آبی × اسید سالیسیلیک	٤	٠/٠٠٨٩ *	٠/٠٠٨٨ *	٠/٠٩٥ **	٠/٠١٤ **
تنش کم‌آبی × متانول	٢	٠/٠٠٨٤ *	٠/٠٠٨٤ *	٠/٠٤٣ **	٠/٠٠٦
متانول × اسید سالیسیلیک	٢	٠/٠٥٧ **	٠/٠٥ **	٠/٠٤٢ **	٠/٠٥٦ **
تنش کم‌آبی × متانول × اسید سالیسیلیک	٤	٠/٠٠٤١	٠/٠٠٤١	٠/٠٠٣	٠/٠٠٦٢*
خطای دوم	٣٢	٠/٠٠١٨	٠/٠٠١٨	٠/٠٠٥٢	٠/٠٠٢
ضریب تغییرات (درصد)		١/٨٩	١/٥	١/٩٢	١/٥

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد

جدول پیوست ۲- میانگین مربعات ارتفاع بوته، ارتفاع تا اولین گره میوه دهنده در بوته و تعداد شاخه فرعی تحت تأثیر تنش کم‌آبی و محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک و متانول

منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	ارتفاع اولین گره میوه دهنده	تعداد شاخه فرعی
تکرار	۲	۶/۶۸۵۱۹**	۰/۶۶	۱/۳۵**
تنش کم‌آبی	۱	۱۰۵۸**	۱۴۸۶۶/۹۶**	۶۲۰/۱۶**
خطای اول	۲	۹۰۵	۱/۱۸	۰/۳۸
متانول	۲	۸۲۰/۳۵۱**	۹۹۱/۰۵**	۵۹/۱۲**
اسید سالیسیلیک	۲	۲۶۳/۵۷**	۲۲۸/۲۲**	۱۴/۲۴**
تنش کم‌آبی × متانول	۲	۷۰۵**	۶۶/۳۵**	۳/۵۰**
تنش کم‌آبی × اسیدسالیسیلیک	۲	۱۶/۷۲**	۶/۷۴**	۰/۰۵
متانول × اسید سالیسیلیک	۴	۸/۰۷**	۱/۶۱	۱/۶۰**
تنش کم‌آبی × متانول × اسید سالیسیلیک	۴	۲/۷۷	۱/۱۲	۰/۱۳ *
خطای دوم	۳۲	۱/۲۲	۰/۷۸	۰/۲۲
ضریب تغییرات (درصد)		۰/۸۲	۱/۰۶	۴/۵۹

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد

جدول پیوست ۳- میانگین مربعات وزن خشک برگ تحت تأثیر تنش کم‌آبی و محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک و متانول در نمونه‌برداری‌های مختلف.

منابع تغییر	درجه‌ی آزادی	میانگین مربعات وزن خشک برگ			
		۶۰	۷۵	۹۰	۱۰۰ روز پس از کاشت
تکرار	۲	۰/۳۳	۰/۵۳	۱/۱۳	۰/۶۲
تنش	۱	۱۳۳۲/۸۵ **	۲۰۵۶/۰۹ **	۱۶۹۸/۴۸ **	۱۴۶۱/۷۲ **
خطای اول	۲	۰/۴۹	۰/۸۵	۰/۲۵	۰/۴۹
متانول	۲	۱۹/۵۱ **	۱۶/۷۵ **	۳۰/۳۳ **	۳۳/۰۷ **
اسید سالیسیلیک	۲	۴۵/۲۷ **	۳۹/۱۲ **	۳۷/۷۲ **	۳۶/۷ **
متانول × اسید سالیسیلیک	۴	۰/۲۰۴	۰/۶۷	۳/۹۳ **	۴/۲۵ **
تنش × متانول	۲	۰/۰۰۷۹	۰/۰۶۳	۳/۸۲ **	۴/۱۳ **
تنش × اسید سالیسیلیک	۲	۱۷/۲۱ **	۱۲/۳۴ **	۱۰/۰۲ **	۱۰/۷۷ **
تنش × متانول × اسید سالیسیلیک	۴	۰/۳۰۹	۰/۶۲	۳/۲۸ **	۳/۱۵ **
خطای دوم	۳۲	۰/۲۹	۰/۳۴	۰/۳۲	۰/۲۶
ضریب تغییرات		۱/۲۵	۰/۲۱	۱/۰۶	۱/۰۴

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد

جدول پیوست ٤- میانگین مربعات وزن خشک ساقه تحت تأثیر تنش کم‌آبی و محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک و متانول در نمونه‌برداری‌های مختلف.

منابع تغییر	درجه‌ی آزادی	میانگین مربعات وزن خشک ساقه			
		۶۰	۷۵	۹۰	۱۰۰ روز پس از کاشت
تکرار	۲	۶/۲۳	۲۶/۶۳ **	۲/۵۹	۳/۴۳
تنش	۱	۱۴۷۰۳/۱۵ **	۱۲۴۹۳/۴۹ **	۲۲۰۷۱/۳۴ **	۱۰/۴۸
خطای اول	۲	۲/۵۱	۰/۰۵	۱/۴۶	۱/۱۵
متانول	۲	۲۵۵/۸۷ **	۲۷۱/۱۴ **	۴۴/۶۵ **	۲۶۵/۱۴ **
اسید سالیسیلیک	۲	۴۴۹/۲۹ **	۲۸۵/۳۸ **	۱۴۱۹/۰۴ **	۲/۶۵
متانول × اسید سالیسیلیک	۴	۱۰۷/۹۵ **	۱۶۵/۰۹ **	۹۷/۵۲ **	۱۱۹/۲۴ **
تنش × متانول	۲	۵/۸۳	۴۰/۹ **	۴۳۴/۰۰۶ **	۲۲۴/۴۸ **
تنش × اسید سالیسیلیک	۲	۱۱۲/۳۹ **	۵۶/۵۲ **	۸۸/۱۶ **	۱۲۱۷۴/۳۳ **
تنش × متانول × اسید سالیسیلیک	۴	۱۲/۳ *	۱۸/۰۵ **	۱۶۱/۷۳ **	۲۵۹/۸۵ **
خطای دوم	۳۲	۳/۱۷	۳/۰۴	۱/۰۲	۱/۲۲
ضریب تغییرات		۱/۰۳	۰/۹۷	۰/۵۳	۰/۵۷

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد

جدول پیوست ۵- میانگین مربعات وزن خشک میوه تحت تأثیر تنش کم‌آبی و محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف اسید سالیسیلیک و متانول در نمونه‌برداری‌های مختلف.

منابع تغییر	درجه‌ی آزادی	میانگین مربعات وزن خشک میوه	
		۹۰	۱۰۵ روز پس از کاشت
تکرار	۲	۰/۷۵	۰/۷۵
تنش	۱	۷۱۸/۳۲ **	۷۲۳/۸ **
خطای اول	۲	۰/۰۹۶	۰/۱۵
متانول	۲	۱۹۱/۹۵ **	۲۰۰/۵۳ **
اسید سالیسیلیک	۲	۱۳/۱۰۲ **	۱۴/۲۲ **
متانول × اسید سالیسیلیک	۴	۵/۹۵ **	۷/۴۴ **
تنش × متانول	۲	۲۴/۴۳ **	۲۹/۴۲ **
تنش × اسید سالیسیلیک	۲	۱/۸۲	۱۵/۳۵ **
تنش × متانول × اسید سالیسیلیک	۴	۱/۹۳	۲/۸۳*
خطای دوم	۳۲	۰/۸۸	۰/۹۱
ضریب تغییرات		۴/۱۸	۳/۶۴

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد

جدول پیوست ۶.- میانگین مربعات عملکرد و اجزای عملکرد تحت تأثیر تنش کم‌آبی و غلظت‌های مختلف اسیدسالسیلیک و متانول

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد	وزن هزار دانه	تعداد کپسول در بوته	تعداد دانه در کپسول
تکرار	۲	۲۳/۰۵	۰/۰۰۰۲	۲/۹۰	۲/۶۶
تنش کم‌آبی	۱	۵۵۸۸۵/۷۲**	۲۳/۴۳**	۴۰۹۰/۷۴**	۱۱۲۹۵/۵۷**
خطای اول	۲	۴۷/۸۳	۰/۶	۰/۲۴	۲/۷۴
متانول	۲	۳۸۴۷/۵۷**	۱/۸۵**	۲۸۰/۵۷**	۳۳۰/۵۰**
اسید سالیسیلیک	۲	۲۱۷۸/۶۲**	۰/۱۷	۱۲۳/۱۸**	۷۸/۱۶**
تنش کم‌آبی × متانول	۲	۲۲۰/۱۵**	۰/۲۹**	۳/۶۸**	۶۵/۶۸**
تنش کم‌آبی × اسید سالیسیلیک	۲	۹۷/۳۶**	۰/۰۰۵	۲/۰۷	۲/۴۶
متانول × اسید سالیسیلیک	۴	۸۷/۷۷**	۰/۱۸	۱۶/۱۲**	۱/۱۶
تنش کم‌آبی × متانول × اسیدسالیسیلیک	۴	۲۵/۹۶	۰/۰۱۸	۰/۱۸	۰/۹۰
خطای دوم	۳۲	۱۷/۴۵	۰/۵	۰/۶۷	۰/۵۷
ضریب تغییرات (درصد)		۳/۳	۱/۲۸	۲/۶۹	۱/۷۱

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد

جدول پیوست ۷- میانگین مربعات درصد و عملکرد روغن دانه و پروتئین دانه تحت تنش کم‌آبی و غلظت‌های مختلف اسیدسالسیلیک و متانول

منابع تغییر	درجه‌ی آزادی	درصد روغن	درصد پروتئین	عملکرد روغن دانه	عملکرد پروتئین دانه
تکرار	۲	۲۳/۹۵*	۰/۵۱	۴/۳۹**	۳/۵
تنش کم‌آبی	۱	۳۹۸۱۵/۴۷**	۶۲۰/۱۶**	۶۳۸۰/**۹	۵۵۴/۷۳ **
خطای اول	۲	۱۹/۸۷	۰/۸۸	۰/۹	۶/۵۶
متانول	۲	۲۱۲۳/۲۰ **	۱۳۸/۹۶**	۲۰۶/۷۲**	۷۱۰/۸۹**
اسید سالیسیلیک	۲	۱۳۳۲/۵۳**	۶۲/۳۵**	۱۵۶/۲۲**	۳۸۱/۱**
تنش کم‌آبی × متانول	۲	۴۲۸/۵۶**	۸/۶۶**	۶/۳۵**	۵۱/۰۹**
تنش کم‌آبی × اسید سالیسیلیک	۲	۲۲۸/۴۵**	۱/۰۵	۲/۰۷	۱۹/۶۹**
متانول × اسید سالیسیلیک	۴	۱۳/۷۴**	۱۰/۵۱**	۴/۸۶**	۲۳/۱۷**
تنش کم‌آبی × متانول × اسید سالیسیلیک	۴	۱۱/۳	۰/۵۵	۰/۶	۴/۱۲
خطای دوم	۳۲	۵/۷	۰/۵۳	۰/۴۶	۱/۹۱
ضریب تغییرات (درصد)		۴/۲۶	۳/۱۹	۱/۶۵	۴/۸۸

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد

جدول پیوست ۸- مقایسه میانگین سطح برگ تحت تأثیر ترکیبات تیماری سه جانبه حاصل از آبیاری، اسید سالیسیلیک و متانول.

	ترکیب تیماری		سطح برگ
	اسید سالیسیلیک (میلی‌مولار)	متانول (درصد حجمی)	
تنش	صفر	صفر	۰/۴۷
	صفر	۱۵	۰/۴۴
	صفر	۲۵	۰/۴
	۰/۴	صفر	۰/۳۵
	۰/۴	۱۵	۰/۳۴
	۰/۴	۲۵	۰/۳۳
	۰/۸	صفر	۰/۲۹
	۰/۸	۱۵	۰/۲۸
	۰/۸	۲۵	۰/۲۷
عدم تنش	صفر	صفر	۰/۶۲
	صفر	۱۵	۰/۶۴
	صفر	۲۵	۰/۶۶
	۰/۴	صفر	۰/۷۱
	۰/۴	۱۵	۰/۷۱
	۰/۴	۲۵	۰/۷۲
	۰/۸	صفر	۰/۶۷
	۰/۸	۱۵	۰/۶۷
	۰/۸	۲۵	۰/۶۵
LSD 5%			۰/۰۰۵

حروف غیر مشترک در هر ستون بیانگر و جود اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

Effeect of water deficit stress and foliar application of methanol and salicylic acid on quantitative and qualitative traits in sesame (*sesamumindicum L.*)

Abstract

Today, the use of plant growth regulators to reduce the negative effects of stress has been performed. Acetylsalicylic acid and methanol are one of the ingredients that cause plant resistance to stresses. To examine this subject in Sesame plant an experiment was done in 1389 as a split factorial plot in a randomized complete block design with three replications at the research farm of University of Agricultural Sciences and Natural Resources of Gorgan. The Main factor includes of two irrigation levels (15 days and 25 days) and sub factors included three levels of foliar application of methanol in concentrations of zero, 15 and 25% by volume and salicylic acid in concentrations of zero, 4/0 and 8/0 mmol. The results showed that foliar application of methanol and salicylic acid treatments on leaf area was significant and by increase in concentration of treatments, leaf area increased. Treatment combination of methanol 25% v and salicylic acid 0.8 mM resulted in an increase in plant height and number of branches. But about the height of the first node only the main effects of methanol and salicylic acid were significant. So by increasing in the concentration of methanol and salicylic acid the height to the first node reduced. Dry weight of shoot and fruit was affected by stress, salicylic acid and methanol. Leaf dry weight increased with increasing of methanol concentration. Treatment combination of acetylsalicylic acid and methanol had significant effect on the yield and number of capsules per plant and in plots with acetylsalicylic acid 8/0 mM and methanol 25% v were applied, the highest yield and number of capsules per plant was obtained. Treatment combination of acetylsalicylic acid 8/0 mM and methanol 25% v increased oil percentage, oil yield and grain protein yield.

Keywords: Sesame, acetylsalicylic acid, methanol, deficit irrigation

Shahrood University of Technology

Thesis M. Sc

Effeect of water deficit stress and foliar application of methanol and salicylic acid on quantitative and qualitative traits in sesame (*sesamumindicum L.*)

Z. Ansar

Supervisors

Dr. M. Baradaran Firouzabadi

Dr. B. Kamkar

Advisors

Dr. M. Gholipour

Dr. E. Esfandyari

July 2012